





उस विषयका सम्यन्ध क्या है और उसकी उपयोगिता क्या है। इसी विचारसे प्रस्तुत पुस्तकमें भी विषयको रोचक बनानेके लिए भूमिका पाँघनेका प्रयत्न किया गया है। आशा है कि इससे शुष्क वैज्ञानिक प्रयोग भी रोचक लगेंगे और जनतामें विज्ञान सीखनेकी इच्छा बढ़ेगी।

(३) सिद्धान्त समझ लेनेके पश्चात् उसका पूरी तरह चित्तमें जमानेके लिए अभ्यास करनेकी आवश्यकता होती है, इसलिए ७३ किये हुए और वर्णित प्रयोगोंके सिवा अभ्यासार्थ प्रयोग और प्रश्न भी प्रचुरताके साथ दिये गये हैं जिनसे यह भी पता लगाया जा सकता है कि एक ही बात कितने प्रकारके प्रयोगों से जानी जा सकती है।

(४) शिक्षा विभागने अंग्रेज़ीकी सातवीं, आठवीं कक्षाओंमें हिन्दी उर्दू भाषाओंमें वैज्ञानिक शिक्षा देनेका नियम कर दिया है परन्तु उनमें पारिभाषिक शब्द अंग्रेज़ीमें बतलाये जाते हैं। इस विचारसे कि प्रस्तुत पुस्तक वहाँ भी काम दे सके हिन्दी पारिभाषिक शब्दोंके साथ साथ कोष्ठ में अंग्रेज़ी शब्द भी रख दिये गये हैं किन्तु इससे केवल हिन्दी जाननेवालोंको कोई कठिनाई नहीं पड़ सकती। आशा है कि इस ग्रन्थसे अंग्रेज़ी स्कूलके लड़के भी लाभ उठावेंगे। हिन्दी पारिभाषिक शब्दोंका सर्वथा परित्याग सम्भव नहीं है। क्योंकि ऐसे शब्दोंका निर्धारण और व्यवहार विज्ञान परिपक्वा एक प्रधान उद्देश्य है।

(५) इस पुस्तकका नाम “विज्ञान प्रवेशिका दूसरा भाग” रखा गया है क्योंकि इसमें ऐसे विषय रखे गये हैं जिनसे पहले पहल जानकारी कर लेना विज्ञानकी प्रत्येक शाखामें प्रवेश करनेवालोंको आवश्यक है। इसीलिए

नाप और तोल

(१) लम्बाई

१० सहस्रांशमीटर (मिलीमीटर)	=	१ शतांशमीटर (सेंटीमीटर)
१० शतांशमीटर (सेंटीमीटर)	=	१ दशांशमीटर (डेसीमीटर)
१० दशांशमीटर (डेसीमीटर)	=	१ मीटर
	=	३६.३७ इंच

(२) आयतन

१ घन सेंटीमीटर पानी	=	१ ग्राम (तोलमें)
१००० घन सेंटीमीटर पानी	=	१ लीटर (नापमें)

डाक्टरोंकी माप

६० बुंद	=	१ ड्राम	, ८ ड्राम	=	१ औंस
२० औंस	=	१ पैंट	; ८ पैंट	=	१ गैलन
१ औंस पानी	=	आधी छटांक (लगभग)			

नोट---इससे अधिक जाननेकी आवश्यकता हो तो अंकगणित कोई पुस्तक देखो ।

तेल

२ चावल	=	१ धान	४ धान	=	१ रत्ती
८ रत्ती	=	१ माशा	१२ माशा	=	१ तोला
५ तोला	=	१ छटांक	१६ छटांक	=	१ सेर
४० सेर	=	१ मन	१ मेर	=	२ पौण्ड
१ हद्देहवेद	=	५४ सेर	१ टन	=	२७ मन
१ सेर	=	१ सहस्र ग्राम ; १ रुपया	=	६२ माशे (तोलमें)	
१० ग्राम	=	१ दशग्राम	१० दशग्राम	=	१ शतग्राम
१० शतग्राम	=	१ सहस्र ग्राम (किलोग्राम)			

विषय-सूची

विषय	पृष्ठ
१—सम्बन्ध	१
२—क्षेत्रफल	४
३—घनफल, आयतन	८
४—मोल	१३
५—आणविक घनत्व	१४
६—अर्कमीट्रिक सिद्धान्त	२०
७—पदार्थोंकी अवस्था	२३
८—ठोस	२३
९—पदार्थ और वस्तुमें भेद धातु और अधातु	३०
१०—द्रव और उमका शोधन	४३
११—निधारना और छानना	४४
१२—रवे जमाना	४४
१३—घोल	४४

इसपर मोहनने कहा “चार गज तो समझमें आया क्योंकि आप इस छड़को गज कहते हैं, मगर यह कैसे मापें हुआ कि एक गिरह ज्यादा है ?”

यह बज़ाज़ बच्चांपर बड़ा प्रेम करता था। मोहनके हाथमें गज धमाकर बोला, “देखिए, लम्बाई नापनेकेलिए इसीके बराबरके छड़ मिलते हैं, उन्हें गज कहते हैं। अब इस गजमें गिन लीजिए, बराबर बराबर दूरीपर १५ निशान बने हुए हैं, इनसे गजके १६ बराबर बराबर हिस्से हुए। ये ही गिरह कहलाते हैं। इनसे वह लम्बाई नापते हैं जो गजसे कम हो।”

मोहन बोला, “और लम्बाई गिरहसे कम हुई तो ?”

उसके पिताने जवाब दिया कि गिरहसे कम इंच होता है और इंचसे भी कमको नाप सकते हैं। पर बज़ाज़ोंके यहां गिरहसे कम लम्बाईका काम नहीं पड़ता। रस. . . गि और गज ही उनकी “इकाई” हैं। बहुतेरे हाथ, नि (विलस्त या वालिस्त) और अंगुलियोंसे भी नापते हैं।

मोहन—“इकाई” क्या होती है ?

पिता—नापने जोखनेका जहां कहीं काम पड़ता है वहां कोई खास नाप या बज़नको “एक” मान लेते हैं। . . . ५५ नाप या बज़नकी चीज़ोंको उन्हींके हिसाबसे नापते हैं। जैसे “तोला” तोलनेकी इकाई मानी गई। अब अगर कोई चीज़ १२ तोले बतलायी जाय तो यह मतलब हुआ कि वह एक तोलेसे बारह गुनी भारी है। इसी तरह जहां कहीं तोलनेमें सेरोंसे काम लिया जाता है वहां सेर ही इकाई समझे जाते हैं। यह काम करनेवालों और जानकारोंके मानलेनेकी . . .

हैं। अब जहाँ गज़का काम है वहाँ गज़ इफाई होता है। यह धोती चार गज़ एक गिरह हुई तो मतलब यह निकला कि इसकी कुल लम्बाई गज़की चौगुनी और एक गिरहके बराबर है।

माहन—“पनहा”* किसे कहते हैं ?

पिता—“पनहा” और अरज़ चौड़ाईको कहने हैं। यह भी गज़ और गिरहसे नापा जाता है।

माहन—यज़ाज़ने तो कहा कि गज़ “लम्बाई” ही नापनेके लिए है, पर आप कहते हैं कि चौड़ाई भी नपती है। उसे यों कहना चाहिए था, “लम्बाई चौड़ाई नापनेके लिए गज़ होता है।”

पिता—बल्कि ऊँचाई भी। यात यह है कि चौड़ाई मोटाई और ऊँचाई सब “लम्बाई” कहनेमें आ गये। जैसे, इस मोटी किताबको लो। चारों ओरसे इसे नाप लो, देखो, लम्बाई दो तरफ़ कम और दो तरफ़ ज्यादा होती है। जिधर कम लम्बाई है उसे चौड़ाई कहते हैं। अब पीठके चल खड़ी कर दो। जिसे चौड़ाई कहते थे वही अब “ऊँचाई” हो गयी। या इस तरह झड़ी करो कि सिरा ऊपर हो, तो जो पहले लम्बाई थी वही अब “ऊँचाई” हो गयी। इसे मेज़पर चारस रखकर मेज़की सतहसे किताबकी ऊपरी सतहकी ऊँचाई नाप लो,—वही “मोटाई” हुई।

माहन—ठीक है ; तो फिर ऊँचाई, नीचाई, लम्बाई, चौड़ाई, मोटाई, सब ही लम्बाईके नाम हैं। जैसे अगर हम

* नोट—ठीक प्रकारती शब्द “पनहा” है, परन्तु साधारण बोलचालमें “पनहा” कहते हैं।

इसपर मोहनने कहा "चार गज तो समझें आप क्योंकि आप इस छड़को गज कहते हैं, मगर यह कैसे मान हुआ कि एक गिरह इयादा है ?"

यह यज्ञाज्ञ वच्चांपर यज्ञा प्रेम करता था। मोहनके हाथ गज थमाकर बोला, "देखिए, लम्बाई नापनेकेलिए रमी बराबरके छड़ मिलते हैं, उन्हें गज कहते हैं। अब इस गज गिन लीजिए, बराबर बराबर दूरीपर १५ निशान बने हैं, इनसे गजको १६ बराबर बराबर हिस्से हुए। ये गिरह कहलाते हैं। इनसे यह लम्बाई नापते हैं जो गज कम हो।"

मोहन बोला, "और लम्बाई गिरहसे कम हुई तो?"

उसके पिताने जवाब दिया कि गिरहसे कम इंच होता है और इंचसे भी कमको नाप सकते हैं। पर यज्ञाज्ञोंके वह गिरहसे कम लम्बाईका काम नहीं पड़ता। इसलिए गिरा और गज ही उनकी "इकाई" हैं। बहुतरे हाथ, विल (विलस्त या वालिश्न) और अंगुलियोंसे भी नापते हैं।

मोहन—"इकाई" क्या होती है ?

पिता—नापने जोखनेका जहां कहीं काम पड़ता है वहां कोई खास नाप या वजनको "एक" मान लेते हैं और वही नाप या वजनकी चीजोंको उन्हींके हिसाबसे नापते हैं। जैसे "तेला" तेलनेकी इकाई मानी गई। अब अगर कोई चीज १२ तोले बतलायी जाय तो यह मतलब हुआ कि वह एक तोलेसे बारह गुनी भारी है। इसी तरह जहां कहीं तेलने सेरोंसे काम लिया जाता है वहां सेर ही इकाई समझे जाते हैं। यह काम करनेवालों और जानकारोंके मानलेनेकी बात

सम्भार

हैं। अब जहाँ गड़का काम है वहाँ गड़ ।

यह धोनी चार गड़ एक गिरह हुई तो मतलब यह निकला कि इसकी कुल लम्बाई गड़की चौगुनी और एक गिरहके बराबर है।

मोहन—“पनहा”^० किसे कहते हैं ?

पिता—“पनहा” और अरड़ चौड़ाईको कहते हैं। यह भी गड़ और गिरहसे नापा जाता है।

मोहन—चड़ाऊने तो कहा कि गड़ “लम्बाई” ही नापनेके लिए है, पर आप कहते हैं कि चौड़ाई भी नपनी है। उसे यों कहना चाहिये था, “लम्बाई चौड़ाई नापनेके लिए गड़ होता है।”

पिता—श्रुति ऊँचाई भी। यान यह है कि चौड़ाई मोटाई और ऊँचाई सब “लम्बाई” कहनेमें आ गये। जैसे, हम मोट्टी कितायको लो। चारों ओरसे हमें नाप लो, देगा, लम्बाई दो तरफ़, कम और दो तरफ़, ज़्यादा होती है। जिधर कम लम्बाई है उसे चौड़ाई कहते हैं। अब पीठके बल गड़ी कर दो। जिसे चौड़ाई कहते थे वही अब “ऊँचाई” हो गयी। या हम तरह गड़ी करो कि मिरा ऊपर हो, तो जो पहले लम्बाई थी वही अब “ऊँचाई” हो गयी। इसे मेज़पर धारम रखकर मेज़की सतहसे कितायकी ऊपरी सतहकी ऊँचाई नाप लो,—वही “मोटाई” हुई।

मोहन—ठीक है। तो फिर ऊँचाई, नीचाई, लम्बाई, चौड़ाई, मोटाई, सब ही लम्बाईके नाम हैं। जैसे अगर हम

• मोर—यह ब्राह्मी शब्द “पनहा” है, परन्तु साधारण बोझावने “पनहा” कहते हैं।



मैं तुमको एक तेज़ चाकू और दफ़्ती देता हूँ। देखो, इसमेंसे अपने फुटके सहारे नापकर एक इंच लंबा और एक इंच चौड़ा टुकड़ा काट लो। इसे तुम अपनी किताबपर रखो। तबलाओ यह कितनी जगह घेरता है ?

मोहनने कहा, “गुरुजी, यह एक इंच लंबी और एक इंच चौड़ी जगह घेरता है।”

गुरुजी—श्रीक है, पर बोलचालमें इस प्रकार भी कहते हैं कि एक वर्ग इंच जगह घिरी, या यों भी कह सकते हैं कि इस टुकड़ेका फैलाव एकवर्ग इंच है। अब इस दफ़्तीमेंसे एक फुट लंबा और एक इंच चौड़ा टुकड़ा काटो, उसपर एक एक इंचकी दूरीपर दोनों ओर नाप नापकर निशान कर लो और आगेने सामनेके निशानोंको मिलाते सीधी सतरे खींच डालो। इस तरह इस टुकड़ेके बराबर बराबर बारह भाग बन जायेंगे [देखो चित्र न० १]।

मोहनने ऐसा ही किया और दफ़्तीके टुकड़ेकी शकल ऐसी बन गयी कि देखकर बड़ा खुश हुआ और कहने लगा, “गुरुजी, यह तो बारह भाग हुए जिनमें हर एकके चारों भुज बराबर हैं। ये भाग चारों ओरसे एक एक इंच हैं या यों कह सकते हैं कि एक एक वर्ग इंच हैं।

गुरुजीने कहा, “अब ऐसी ही शकल तुम काले तछ्तेपर बना दो।” मोहनने काले तछ्तेपर एक फुट लंबी और एक इंच चौड़ी दफ़्तीकी शकल बनाकर उसको बारह बराबर बराबर भागोंमें काट लिया। इस रीतिसे जो शकल बनी उसको छोटा करके इस चित्रमें दिखाया है।

जानना चाहें कि हमारे यागके कुपमें पानी कितना नीचा है तो जिस रस्तीसे पानी निकालते हैं उसकी लम्बाई नाप लें।

पिता—बहुत ठीक, अब तुम समझ गये कि जहाँ कहीं सीधमें दूरी नापनी हो सब लम्बाई हुई, नाम उसका चाँ जो हो। अब तुम घर चलकर सरकंडेका गज़ बनाना और चाकूसे निशान फेर लेना, तब मुझको दिखलाना।

मोहन—बहुत अच्छा। मैं फुट और इंच भी बनाऊंगा। कल गुरुजीने फुटकी चर्चा की थी और कहते थे कि बार पैसे सीधमें रखे जायें तो फुटभर होता है, और एक एक पैसेकी जगह एक इंच होती है।

पिता—जिस तरह इंच या गिरहसे छोटी छोटी चीज़ोंको नापते हैं उसी तरह और भी नाप हैं। गज़से कुछ ही बड़ी नाप जो आजकल बहुतसे देशों में जारी है मीटर है। रेलकी छोटी लैनवाली सड़कमें दोनों छड़ोंके बीच ठीक एक मीटरकी दूरी होती है। इसके सौ बराबर हिस्से किये जायें तो हर एक एक सेंटीमीटर (शतांशमीटर) होगा और सेंटीमीटरके दसवें भागको मिलीमीटर (सहस्रांशमीटर) कहते हैं। $1 \text{ इंच} = 2.54 \text{ शतांशमीटर}$ या लगभग ढाई शतांशमीटर।

२—क्षेत्रफल

दूसरे दिन पाठशालामें मोहनने सरकंडेके गज़ और फुट गुरुजीको दिखलाये। गुरुजी खुश होकर बोले, “मोहन,

नोट—शिक्षकों चाहिए कि हर लड़केसे फुट और गज़ बनवावे और इंच और गिरहके चिह्न कराकर भिन्न भिन्न चीज़ों पर लगावे।

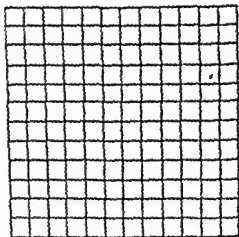
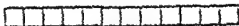
“तुमको एक तेज़ चाकू और दफ़्ती देता हूँ। देखो, इसमेंसे प्रपने फ़ुटके सहारे नापकर एक इंच लंबा और एक इंच चौड़ा टुकड़ा काट लो। इसे तुम अपनी किताबपर रक्खो। तबलाओ यह कितनी जगह घेरता है?”

मोहनने कहा, “गुरुजी, यह एक इंच लंबी और एक इंच चौड़ी जगह घेरता है।”

गुरुजी—ठीक है, पर बेलचालमें इस प्रकार भी कहते हैं कि एक वर्ग इंच जगह घिरी, या यों भी कह सकते हैं कि इस टुकड़ेका फैलाव एकवर्ग इंच है। अब इस दफ़्तीमेंसे एक फ़ुट लंबा और एक इंच चौड़ा टुकड़ा काटो, उसपर एक एक इंचकी दूरीपर दोनों ओर नाप नापकर निशान कर लो और आमने सामनेके निशानोंको मिलाते सीधी सतरे खाँच डालो। इस तरह इस टुकड़ेके बराबर बराबर बारह भाग बन जायँगे [देखो चित्र न० १]।

मोहनने ऐसा ही किया और दफ़्तीके टुकड़ेकी शकल ऐसी बन गयी कि देखकर बड़ा खुश हुआ और कहने लगा, “गुरुजी, यह तो बारह भाग हुए जिनमें हर एकके चारों भुज बराबर हैं। ये भाग चारों ओरसे एक एक इंच हैं या यों कह सकते हैं कि एक एक वर्ग इंच हैं।

गुरुजीने कहा, “अब ऐसी ही शकल तुम काले तड़ते-पुपर बना दो।” मोहनने काले तड़तेपुपर एक फ़ुट लंबी और एक इंच चौड़ी दफ़्तीकी शकल बनाकर उसको बारह बराबर बराबर भागोंमें काट लिया। इस रीतिसे जो शकल बनी उसको छोटा करके इस चित्रमें दिखाया है।



चित्र नं० १ ऊपर और चित्र नं० २ नीचे

गुरुजीने कहा, "अच्छा अब इस शकलके धरावर या दूसरेसे मिली हुई बिलकुल ऐसी ही ग्यारह शकलें और बना दो।" मोहनने ऐसा ही किया, इस तरह एक बड़ी चौकोर शकल बन गयी जो एक फुट लंबी और एक फुट चौड़ी थी [चित्र नं० ३]।

गुरुजीने कहा—“मोहन ! देखो, इस बड़ी शकलमें चौड़ा तथा लंबाई दोनोंमें बारह बारह छोटे घर हैं। सब मिलाकर १४४ छोटे घर एक इंच लंबे और एक इंच चौड़े हो चाहिये। तुम गिनकर देख लो।”

मोहनने गिना तो सचमुच १४४ घर थे ।

बुद्ध विचार करके मोहन खुश हो बोला, "गुरुजी, मेरी सम्मति एक बात आती है ।"

गुरुजीने पूछा—"क्या ?"

मोहन बोला—"घारहको घारहसे गुणा करनेसे १४४ होते हैं, अब मैंने समझा कि यदि घारहमें घारह दफे घारह गाड़े जायें तो भी १४४ होते हैं ।"

गुरुजीने कहा—"अब तुमने देखा कि १२ इंच लंबे और २ इंच चौड़े चौकोर टुकड़ोंके फैलापको जाननेकेलिए एक एक घर्ग इंचके टुकड़ोंमें काटनेकी कोई आवश्यकता नहीं । इंचोंमें लंबाई और चौड़ाई नापकर गुणा करनेसे जो फल आयेगा उतने ही घर्ग इंच फैलाप उस चौकोर टुकड़ेका होगा । अथवा लम्बाई \times चौड़ाई = क्षेत्रफल अथवा घर्गफल ।"

मोहन—हां, गुरुजी, उस दिन बानूगो साहय गेतका रक्षा नपवाने थे, तो जंजीरसे लम्बाई और चौड़ाई आदि नापते थे ।

गुरु—हां, उस जंजीरको जरीब कहते हैं । गेतकें टेंदें मेंदे होनेसे कई और दिमाब करते हैं ।

अभी तुमने जो आकार एक फुट लम्बा चौड़ा बनाया है एक घर्ग-फुट है । लम्बाईके फुटमें १२ इंच होते हैं । घर्ग-फुटमें १४४ घर्ग-इंच हुए । यह फैलापके इंच है लम्बाईके इंच नहीं । फैलापकी नापको क्षेत्रफल या रक्षा कहते हैं और उसकी रकारें घर्ग-इंच, घर्ग-फुट आदि हैं ।

इसके बाद गुरुजीने हर लड़केमें धर्म-इंचके टीक
 १२ टुकड़े कागज़के कटवाये। उनमें जो बिलकुल ठीक
 रंग लिये।

- १- काने लपेटेका चंपकल बिकाना।
- २- इस कमरेमें जो दूरी गिदी है उसमें कितने धर्म इंच है ?
- ३-क- कुछ लम्बे और ४- कुछ छोटे लकड़ीके टुकड़ेमें कितने काँ
 है ? [उत्तर-४०१० धर्म इंच]

३-धन-फल, आयतन

गुरुजी पिछले दिनके कटे हुए एक एक धर्म-इंचवां
 कागज़के टुकड़े लाये और मेज़पर रख दिये। और उन्होंने
 एक टुकड़ा हाथमें लेकर लड़कोंसे पूछा, "इस कागज़का
 नाप क्या है ?"

एक—एक इंच लम्बा एक इंच चौड़ा है।

दूसरा—नहीं, एक धर्म-इंच कहना चाहिए।

गुरु—पर अभी कागज़की पूरी नाप नहीं हुई। इसकी
 मोटाई क्या है ?

मोहन—इसकी मोटाई क्या होगी ? यह तो पतला है।

गुरु—बहुत सी चीज़ोंके सामने यह पतला ज़रूर है, पर
 पतलका कागज़ तो इससे पतला होता है, उससे तो यह
 मोटा होगा न ?

मोहन—ठीक है, ज़रूर होगा। तो मोटा ही कहना ठीक
 है, क्योंकि पतलेका अर्थ हुआ "कम मोटा"।

गुरु—जैसे लम्बाई, चौड़ाई, ऊंचाई आदि सब लम्बाईके ही नाम हैं उन्हीं तरह घनलापन भी मोटाईका दूसरा नाम है। अच्छा, तो नापमें तुममेंसे किसीने इसकी मोटाईका कुछ हिस्सा नहीं बताया।

एक—यह इतना कम मोटा है कि इसकी मोटाई नापी नहीं जा सकती।

गुरु—यों फुटमें एककी मोटाई तो नहीं नापी जा सकती, पर सबको हम इकट्ठा कर लें तो देखो कितना मोटा हो जाता है।

इतना कहकर गुरुजीने सब टुकड़ोंको इकट्ठा करके चारों ओरसे बराबर कर लड़कोंको दिखाया तो नापनेसे कुल आधे इंचके लगभग निकला।

मोहन—पर गुरुजी, अभी दबानेसे कुछ और दबेगा तो मोटाई कुछ कम हो जायगी।

गुरु—अभी बहुत कुछ दब सकता है। जिल्दसाज़ कागज़-को शिकंजेमें दाबकर इतना सटा देना है कि पहले जो कितना बहुत मोटी होती है, जिल्द बँधवानेपर कुछ कम मोटी हो जाती है। इसी तरह शिकंजेमें कसने-पर यह कम मोटा हो जायगा, पर तब भी मोटाई नाप सकोगे। यह देखो कोश है, इसमें १००० पृष्ठ या ५०० पन्ने हैं, इसकी मोटाई २ इंचके लगभग है। तो हरएक पन्नेकी मोटाई $\frac{2}{500}$ अर्थात् $\frac{1}{250}$ इंचके लगभग हुई।

अच्छा, अब इन कागज़ोंकी मोटाई भी उतनी ही मान-ते तो १ इंच लम्बाई १ इंच चौड़ाई और $\frac{1}{250}$ इंच मोटाई

हो गयी। इनको एकपर एक बराबरसे रखें और २५० टुकड़े हों, शिकंजेसे दबाएँ, तो १ इंच लम्बाई, १ इंच चौड़ा, १ इंच मोटाईका आकार बन जायगा। इन तीनों नापोंका एक शब्दमें हम कहना चाहें तो १ घन इंच कह सकते हैं। इस आकारको सब ओरसे नापें तो ठीक उतनी जगहकी नाप होगी जितनी जगह इसने सब ओरसे ले रखी है। एक इंच लम्बी, एक इंच चौड़ी और एक इंच ऊंची जगह जो बीज ले वह एक घन इंच नापमें कही जायगी। जिस तरह लम्बाई चौड़ाई गुणा करके घनफल या क्षेत्रफल निकालते हैं उसी तरह क्षेत्रफलको ऊंचाई वा नीचाईसे गुणा करनेपर घनफल वा आयतन निकलता है। संक्षेपमें यों हुआ।

लम्बाई × चौड़ाई × मोटाई = घनफल अथवा आयतन
घनफलकी इकाई घन इंच है। अब घन फुट कितने घन इंचका होगा ?

$$\begin{aligned} \text{लंबाई} \times \text{चौड़ाई} \times \text{ऊंचाई} &= \text{क्षेत्रफल} \times \text{ऊंचाई} \\ 12 \times 12 \times 12 &= 144 \text{ वर्ग इंच} \times 12 \\ &= 1728 \text{ घन इंच} \end{aligned}$$

इसी तरह घन गज, घन सेंटीमीटर आदि होते हैं।

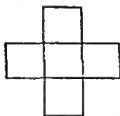
मोहन—जो जगह किसी बकसने घेर रखी है उसे यदि जानना चाहें तो यह बड़ी सहज रीति है कि उसकी लम्बाई चौड़ाई ऊंचाई नाप लें और तीनोंका गुणनफल घन फुट वा घन इंच वा घन सेंटीमीटरमें निकाल लें।

गुरु—ठीक है, अच्छा अब तुमने जो फुट बनाया है उससे नाप नापकर जितनी जगह तिपाईं मेज आदिने घेर रखी है, अलग अलग निकालो। सब लड़कोंको हम काम बांट देते हैं।

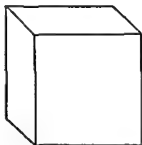
इतना यह गुरुजीने सबको नापनेका काम यांट दिया ।

एक—गुरुजी, यह कैसे मालूम किया जाय कि लोटेके भीतर कितनी जगह घिरी हुई है ?

गुरु—इसका तो सहज उपाय है । कागज़की दस्तीको नीचे दिये हुए [चित्र नं० ३] पहले रूपका काटकर (जिसका प्रत्येक भाग एक इंच लम्बा और एक इंच चौड़ा है) लेंगे उसे लेंगे एक घन इंचका चौकोर नपना बना लें और मुखा



चित्र नं० ३



चित्र नं० ४

डालो । यह चित्र नं० ४ जैसा हो जायगा । इसका एक सिरा पानी भरने और उँडेलनेको खुला हुआ है । इसमें जितना पानी अमायगा उसका आयतन एक घन इंच होगा । अब हम नपनेमें देखेंगे कि कितने घन इंच पानी लोटेमें आता है, जितने घन इंच पानी अमाय उतनी जगह लोटेके भीतर है ।

दूसरा—और अगर हम [एक पत्थरका टुकड़ा दिखाकर] पत्थरके टुकड़े जैसी टेढ़ी मेढ़ी वस्तुका आयतन जानना हुआ तो ?

विमान-प्रवेशिका

गुरु—एक कटोरेमें एक गिलास रखकर उसमें पानी धीरे धीरे इतना भरो कि बिलकुल लयालय हो जाय। उसमें धीरेसे पत्थरका या टुकड़ा डाल दो कि बिलकुल डूबा रहे। यह टुकड़ा जितनी जगह घरेगा उतना पानी गिलासमेंसे निकल जायगा। अब कटोरेवाले पानी को अपने नपनेसे नापो तो पत्थरका आयतन मानूँगे जायगा। जो चीज़ पानीमें नहीं घुलती उनका आयतन इसी तरह निकाला जाता है।

मोहन—और जो घुल जाती हैं ?

गुरु—उनका आयतन निकालनेकेलिए उनको ऐसे पदार्थोंमें डुबोते हैं जिनमें वह नहीं घुलती, जैसे मिट्टी का तेल आदि। अब तुम चाहो तो अपने नपनेके सहारे इस तरकीबसे कंकड़ोंका आयतन निकाल सकते हो।

अभ्यास

(१) कागज़ के घन इंचकी तरह कड़े मोमका घन इंच काटकर बनाओ। काटनेसे पहले इसके भीतर एक सीसेका टुकड़ा दबा दो कि भारी हो जाय और पानीमें डूब जाय। एक कांचके गिलासपर जिसके पेंदेकी लपेट पांच इंचसे कम न हो बाहरकी ओर कागज़ की एक सीधी पट्टी लगा दो। अब गिलासमें सवा इंच ऊँचा पानी डाल दो और समथर जगहमें रखो, स्थिर हो जानेपर पानी जितने ऊपर पहुँचा है ठीक उस जगह एक सीधी रेखा खींच दो। अब इस पानीमें मोमका घन इंच डाल दो। पानी जितना ऊपर चढ़ आवे वहां पहलीके समान दूसरी रेखा खींचो। पहलीसे दूसरीतक एक घन इंच पानी हुआ। अब उस मोमके घन इंचको निकाल लो और सुखा लो। पानी फिर निचनी रेखापर पहुँच जायगा। फिर इतना पानी भरो कि ऊपरकी रेखाके ठीक बराबर पहलेकी नाई आ जाय। अब फिर घन इंच छोड़ दो। पानी जहांतक चढ़ जाय, वहां फिर रेखा खींचो। इस तरह बारबार करके ।



चित्र न० ४



चित्र न० ५

सासका टाँच नपना बना ला । दुग नपनेमे त्रितने घन इंच त्र हतने घन इंच पानी डेंहेल गवने हो । दुगरी गणयनामे शीशिया एता और गिनागाने नपने बनाओ ।

(२) घन मॅटीमोटारके भी ऐसे ही नपने बनाओ ।

(३) ऐसे किसी नपनेमें एक निशानतक पानी भरकर उसमें त्रित त्र हवा आयतन जानना हो उसे दुबो दो । त्रितने घन इंच पानी चढ़े ला ही उसका आयतन हुआ ।

(४) एक घन फुट लकड़ीका दाम ३) है । १० फुट लम्बे, १० इंच चौड़े र ६ इंच मोटे म्यीपरके दाम निकालो । [उत्तर ८५-] ४

४-तोल

शामको ग्याला दूध लाया । उसने अपना नपना भरकर तर पार लोट्टेमें डाल दिया और बोला "लो, सेरभर ग गया " । इसपर मोहनने अपने पितासे पूछा, "यह नित पिनेसे ही देता है, पर कहता है कि सेरभर हो गया, तोलता ग है नहीं, नापसे यह तोल कैसे बताता है ?"

विज्ञान-प्रवेशिका

गुरु—एक कटोरेमें एक गिलास रखकर उसमें धीरे धीरे इतना भरो कि विलकुल लबालब हो जाए। उसमें धीरेसे पत्थरका यह टेंढ़ा मेढ़ा टुकड़ा डाल दे। विलकुल डूबा रहे। यह टुकड़ा जितनी जगह धरेगा पानी गिलासमेंसे निकल जायगा। अब कटोरेवाले पक्ष को अपने नपनेसे नापो तो पत्थरका आयतन मानूँ जायगा। जो चीज़ पानीमें नहीं घुलती उनका आयतन तरह निकाला जाता है।

मोहन—और जो घुल जाती हैं ?

गुरु—उनका आयतन निकालनेकेलिए उनकी पदार्थोंमें डुबोते हैं जिनमें वह नहीं घुलती, जैसे तेल आदि। अब तुम चाहो तो अपने नपनेके सहारे इस कीवसे कंकड़ोंका आयतन निकाल सकते हो।

अभ्यास

(१) कागज़ के घन इंचकी तरह कड़े मोमका घन इंच काटकर बनाओ। काटनेसे पहले इसके भीतर एक सीसेका टुकड़ा दो कि भारी हो जाय और पानीमें डूब जाय। एक कांचके गिदग जिसके पेदेकी लपेट पांच इंचसे कम न हो बाहरकी ओर बाहर एक सीधी पट्टी लगा दो। अब गिलासमें सवा इंच ऊँचा पानी डालो और समथर जगहमें रखो, स्थिर हो जानेपर पानी जितने ऊपर पहुँच ओक डम जगह एक सीधी रेखा खींच दो। अब इस पानीमें मोमका इंच डाल दो। पानी जितना ऊपर चढ़ आवे वहां पहलीके समान इंच रेखा खींचो। पहलीमे दूसरीतक एक घन इंच पानी हुआ। इस मोमके घन इंचका निकाल लो और सुखा लो। पानी फिर रेंगापर पहुँच जायगा। फिर इतना पानी भरो कि ऊपरकी रेखा बराबर पहलीकी नाई आ जाय। अब फिर घन नहानक चढ़ जाय, वहां फिर रेंगा खींचो



चित्र न० ५



चित्र न० ६

गायका टोंक नपना बना लो । इस नपनेसे जितने घन इंच वतने घन इंच पानी डेंडेल सकने हो । इसकी सहायतासे गीशियां लो और गिलासोंके नपने बनाओ ।

(२) घन सेंटीमीटरके भी ऐसे ही नपने बनाओ ।

(३) ऐसे किसी नपनेमें एक निशानतक पानी भरकर उसमें जिस डडका आयतन जानना हो उसे डुबो दो । जितने घन इंच पानी घड़े या ही उसका आयतन हुआ ।

(४) एक घन फुट लकड़ीका दाम ७) है । १० फुट लम्बे, १० इंच चौड़े र ६ इंच मोटे म्नीपरके दाम निकालो । [उत्तर ८८-] ४

४-तेल

शामको ग्याला दूध लाया । उसने अपना नपना भरकर र बार लोटेमें डाल दिया और बोला "लो, सेरमर १ गया" । इसपर मोहनने अपने पितासे पूछा, "यह जित पनेसे ही देता है

पिता—उसको नपनेमें जितना दूध आता है उतना उसने तोल रक्खा है। घाट और तराजू लाओ तो इसकी भी जांच कर देंगे।

मोहन भट्ट घाट और तराजू ले आया। उसके बाएँ ग्यालेका नपना लेकर बाएँ पलड़ेमें रक्खा, दहनेमें घाट रखता गया। जब तराजूकी डंडी सीधी हो गयी तो बोला "देखो! खाली नपना पावभर हुआ।" फिर उसमें दूध भरकर तोला तो आधसेर ठहरा।

पिता—(मोहनमें) देखो, आधसेरमें नपनेकी तोल घाट सेरको घटाया तो दूध तोलमें पावभर हुआ या नहीं?

खाना—लालाजी, आपने तो नपना भी तोला। हम होंगे तो धड़ा बांधकर काम निकाल लेंगे।

मोहन—धड़ा बांधना क्या?

पिता—घाट रखनेके बदले नपनेकी तोलके बराबर दहने पलड़ेमें कंकड़ मिट्टी आदि रक्खी, डंडी सीधी हुई तो धड़ा बांध गया। अब दूध भरकर तोलो पावभर निकलेगा। किसी बरतनमें दूध, घी, तेल आदि तोलना हो तो धड़ा बांधकर तोल सकते हैं। पर एक ही बरतनको अगर हम नपना घना लें तो उसकी तोल एक बार जान लेनेसे बार बार धड़ा न बांधना पड़ेगा। जैसे हम शहद तोलना चाहें तो अब इसी नपनेमें भरकर तोल लें। मान लो कि कुल सवा दो पाव ठहरे। अब तोलमें सवा पाव हुआ। या मान लो हम फल फिर जांचना चाहें कि दूध तोलमें ठीक है या नहीं तो नपनेको अलगसे तोलना न पड़ेगा। नपनेको तोल लेनेमें यही सुभीता है।

मोहन—आन्नाजी, रोड़ नालकर लेना ही ठीक मालूम
ला है, क्योंकि नापते वक्त यह नपनेको पूरा नहीं भरते ।

आन्ना—खालाजी, गिर जानेके डरसे एकदम लथालथ नहीं
रना, पर मैं पादको थोड़ा और जो डाल देता हूँ—

मोहन अच्छा ! तो जिसे तुम 'घेलया' कहते हो वह
[म कमी पूरी करनेको देने हो !

अभ्यास

१—एक काचके गिलासमें सागजली पननी पट्टी काटकर सीधी
धिमे उपरतक गोंदमें बिपका दो । आधी छटाक पानी तोलकर गिलासमें
[नो और सम जगहमें रक्खो । जब पानी स्थिर हो जाय, जितना
[वा पानी पट्टीका ने ठीक उगीके बराबर छाड़ी रेखा खींच लो । फिर
[धी छटाक तोलकर खाली और फिर उगी तरह छाड़ी रेखा खींच लो ।
[ग तरह छोट या बराह या मोलह रेखाग खींचो । यह गिलास अब पात्र
[द पात्र या आपसेरका ऐसा नपना बन गया कि आधी छटाकतक पानी
[समें नप सकता है ।

२—दाम, और, और पोटका भी ऐसा ही नपना बनाओ ।

३—१००० घन शताशमीटरका (मैटोमीटरका) भी एक नपना बनाओ ।

४—एक घन ५५ कितने घन शताशमीटरके बराबर होता है ?

$$\text{उत्तर } = \frac{1}{2} \times 2 \frac{1}{2} \times 2 \frac{1}{2} = \frac{3}{4}$$

५-आपेक्षिक घनत्व

मोहनका जी नाप तोलमें लग गया । उसने एक नपना
सेरभर दूधका बनाया । इस बरतनमें ठोक ठीक लथालथ
भर देनेसे दूध सेरभर आना था । दूसरे दिन जब दूध फिर

आया तो मोहनने इसी नपनेसे लिया। दूध नपाते समय मोहनको एक बात सूझी।

मोहन—चाचाजी, कल आप कहते थे कि इसी पाचभरकें नपनेसे शहद नापें तो सवा पाचके लगभग आवे। तो क्या शहद दूधसे भारी है?

पिता—ज़रूर भारी है। हमने तोला तो नहीं है कि ठीक ठीक कितना भारी है। पर यदि एक ही आयतनकी भिन्न भिन्न वस्तुओंको तोला जाय तो तोल सबकी अलग अलग होगी।

मो०—क्या दूध और पानीकी तोलमें भी भेद होगा?

पि०—ज़रूर। अच्छा, तुमने तोल रक्खा है कि इस नपनेमें ठीक सेरभर दूध आता है। अगर तुमने खालिस दूध तोला था तो पानी इस वरतनमें साढ़े पन्द्रह छटांकके लगभग आएगा, तोल देखो।

मोहनने नपना साफ़ करके साफ़ पानी भरकर तोला तो साढ़े पन्द्रह छटांक निकला। थड़े अचरजमें हुआ।

मो०—चाचाजी, यह तो सचमुच साढ़े पन्द्रह छटांक है। आपको बिना तोले कैसे पता चला कि इस नपनेमें साढ़े पन्द्रह छटांक पानी आएगा?

पि०—यात यह है कि खालिस दूध पानीसे कुछ भारी होता है। हिसाब लगानेवालोंने इसका हिसाब लगाया है कि एक ही आयतनका दूध यदि तोलमें ३२ होगा तो उसी आयतनका पानी ३१ होगा। इस लोटेमें ३२ अध-छुट्टंकी, अर्थात् सेरभर दूध आया तो पानी ३१ अध-छुट्टंकी, अर्थात् १५ छटांक आना चाहिए। अगर पानीकी तोल एक मानें तो

दूधकी नोल $\frac{32}{31}$ या १.०३ दुई । अर्थात् शुद्ध दूध पानीसे १.०३ गुना भारी हुआ । इस संख्याको दूधका आपेक्षिक घनत्व कहते हैं ।

मा०—इस तरह तो गालिम और मिलावटवाले दूधका भी पता चल सकता है !

पि०—क्यों नहीं, अथ इसी नपनेमें भरकर मिलावटका दूध पालो तो मेरभरसे कम ठहरेगा । इस तरह पानी मिले हुए दूधका पता लग सकता है । कोई भी नपना लो पानीकी नोलमें दूधकी नोलको भाग देा तो वही आपेक्षिक घनत्व १.०३ निकलना चाहिए । इस संख्यामें ज्यों ज्यों कमी आवे समझो कि पानी मिलाया गया है ।

मा०—क्या दूधका आपेक्षिक घनत्व १.०३से ज्यादा नहीं हो सकता ?

पि०—हो सकता है । जिस दूधसे मक्खन निकाल लिया गया है उसका आपेक्षिक घनत्व बढ़ जाता है ।

मा०—यह बात समझमें नहीं आती—मक्खन निकालनेपर तो घट जाना चाहिए ।

पि०—बात यह है कि मक्खन पानीसे बहुत हलका होता है, यहांतक कि पानीमें डालनेसे तैरने लगता है, और मक्खनके सिवा जो यस्तुएं दूधमें हैं वह भारी हैं, उनका अधिक घनत्व और मक्खनका कम घनत्व मिलकर १.०३ रहता है । मक्खन निकल जानेपर इसीलिए घनत्व बढ़ जाता है ।

श्यामा—सालाजी, आप लोग तो पढ़े लिखे हैं । सब बातें आपकी मैंने नहीं समझीं । पर थोड़ी थोड़ी जो समझमें आयी निपर हुकुम हो तो कुछ मैं भी कहूं ।

पि०—हां, हां, कहां ?

मा०—मरकाग्ने जो उपाय दूध जांचनेका यताया से तो नया है, पर मैं डाक्टर बाबूके यहां दूध देना हूं, तो वहां मेरा दूध एक शीशी घालकर जांच सेने हूं। तोलना न पड़ता। भट मालूम हो जाता है।

मा०—यह शीशो कैसी ?

पि०—यह भी एक तरहका आपेक्षिक घनत्व जाननेका यंत्र है। तेल, अरक, आदि मय तरहकी, पानीकी तरह बहनेवाली, चीजोंके आपेक्षिक घनत्व जाननेके यंत्रको (हैड्रोमीटर) घनत्वमापक—और दूध जांचनेवाले यंत्रको (लैफ्टोमीटर) दूध घनत्वमापक या “हंस” शीशी—कहते हैं (देखो चित्र न० ७)। इसका हाल तुमको गुरुजी कभी ज़रूर बताएंगे।

मा०—तो क्या आपेक्षिक घनत्व हर बहनेवाली चीज़का जुदा जुदा होता है ? और हर चीज़का आपेक्षिक घनत्व चाहे जैसे निकालें एक विशेष संख्या ही होती है ?

पि०—हां, आपेक्षिक घनत्व सभी चीज़ोंका अलग अलग होता है, चीज़ पानीकी तरह बहनेवाली हो या न हो। बहनेवाली चीज़ोंका आपेक्षिक घनत्व नपनेमें तोलनेसे या हैड्रोमीटरसे जाना जा सकता है। जिस तरह तुमने सेरका नपना बनाकर तोल लिया है, उसी तरह आपेक्षिक घनत्व नापनेकी शीशी बनी बनायी मिलती है। इसके बराबर तोलका घाट इसके साथ ही मिलता है। एक पलड़ेपर खाल



चित्र न० ७

शीशी और दूसरेपर यह घाट रखो तो काँटेको उंडी बिल-कुल मीची रहेगी। इस शीशीमें लयालय भरनेसे जितना पानी आता है उसकी तेल शीशीपर लिप्टी हुई होनी है। मान लो कि ऐसी शीशी तुम्हें दी गयी। इसमें जितना पानी आता है उसकी ठीक तेल १ छट्रांक है। अगर तुम मट्टेका आपेक्षिक घनत्व जानना चाहो तो इस शीशीमें लयालय मट्टा भरकर बाएँ पलड़ेपर रखो। दहिनेपर शीशीके साथवाला घाट रख दो। अब उसके सिवाय जो घाट रखकर तेलोंमें उससे शीशीभर मट्टेकी ठीक तोल मालूम होगी। तुम्हें उस शीशीभर पानीकी तेल मालूम ही है—शीशीपर लिखा ही है कि एक छट्रांक है। अब मट्टेकी तेलको इस एक छट्रांकमें भाग दो तो मट्टेका आपेक्षिक घनत्व निकल आया। इस शीशीमें भरकर तोल लेनेसे ही भटपट आपेक्षिक घनत्व निकाल सकने हो।

मा०—चाचाजी, मैं मामूली शीशी लेकर आपेक्षिक घनत्वकी शीशी बना लूंगा। पर जो चोड़ पानीकी तरह नहीं बहती, जैसे ग्वड़िया ताँबा आदि, उनका आपेक्षिक घनत्व कैसे निकालते हैं ?

पि०—उसकेलिए दूसरा उपाय है, तुम अपने गुरुजीसे पूछना। परन्तु एक उपाय मैं तुमको बताये देता हूँ कि जिस पदार्थका आपेक्षिक घनत्व निकालना हो उसको तेल में और फिर उस पदार्थका आयतन निकालकर उसने आयतन पानीको तेल में। इस पदार्थको तेलको उमके बराबर आयतन पानीकी तेलसे भाग देनेसे जो संख्या आयेगी इस पदार्थका आपेक्षिक घनत्व होगी। चाहे जिन प्रकार चाहे जब आपेक्षिक घनत्व निकाला जाय एक पदार्थकेलिए सदा

एक ही मंग्या निकलेगी। जैसे पारा मूढ़ पानीमें १३॥
और तांघा ६ गुना भारी टहरेंगा—अर्थात् इनका भार
घनत्व १३॥ और ६ होगा—याहें जब जिनगी बार जावें।

अभ्यास

- १—'आपेचिह घनत्व' किसे कहते हैं ?
- २—दण-घनत्व मापकसे क्या काम लेते हैं ?
- ३—दण-घनत्वमापकसे क्या जाना जाता है ?
- ४—दण, पारा, तांघा और पानीका 'आपेचिह घनत्व' क्या है ?

६—अकर्मोदिमका सिद्धान्त

गुरुजीने ज्यों ही दूसरे दिन पढ़ाना शुरू करता व
सोहनने पूछा, "गुरुजी, पानीका फँकना किसे कहते हैं?"

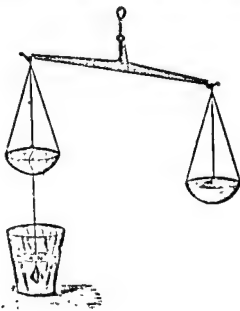
गु०—तुम्हारा मतलब क्या है ? ठीक समझाकर कहो।

मो०—आपने सुना होगा, कल्लू पहलवान कल
डूबते घचा। मैं भी नहाने गया था। मेरे सामनेकी
है। शराब पिये हुए नहाने गया, और तैरनेकी सूझी। बों
बड़ा तैराक है, पर उस समय शायद नशेमें इतना चूर
कि संभल न सका। डूबने लगा तो हाथ उठाया। जब
एक मल्लाह कूदा तबतक हाथ भी डूब गया, पर मल्लाह
कहता हुआ कूदा कि अभी तो इन्हें "पानी फँकेगा" और
दूर जाकर उसने कल्लूको धाम लिया और निकाल ला।

श्यामलान्न—और गुरुजी, मुझे तो यह देखकर अचंभा
कि एक दुबला सा बूढ़ा मल्लाह ऐसे गरांडील पहलवान
पानीसे सहज हो खींच लाया, पर किनारे आकर, तीन
आदमी मिलकर कठिनाईसे उसे सूखेमें ले गये।

गुरु—यह कोई अच्युतमेको घान नहीं है । जिस नायको
 स्वेमें तुम एक इंच नहीं ढकेल सकते उसे पानीमें आसानीसे
 ढकेल सकते हो । कुएंमें पानी भरा कलसा जयतक पानीके
 नीतरसे पानीपर नहीं आता है तबतक बहुत कम शक्ति लगाना
 पड़ती है पर ज्यों ही पानीमें ऊपर उठाने हो भारी मालूम
 शाना है । यात यह है कि पानीके भीतर जानेपर सभी चीजों-
 का बोझ कम हो जाता है ।

इतना कहकर गुरुजीने गुनारोंका फांटा निकाला और
 बाले, “आज मैं यही समझाना भी चाहना था । देखो यह



कांटा झंडी सीधी होनेपर टीक बाँचेबाँचे रहता है। देनों पलटोंपर एक एक पैसा रखते हैं। देखो, तोलमें वें बराबर हैं। अब पैसेको एक ओर धागेमें बाँधकर इस लटकाना है कि इस काँचके गिलासवाले पानीमें डूब जाय। अब देखो, पानीके बाहरधाता पलट्टा भारी होकर मुककर इससे मालूम हुआ कि पानीमें डूबा हुए चीज़का भार कम जाता है।" [चित्र न० ८]

सो०—और जो चीज़ें पानीमें तैरती रहती हैं उनका क्या होता है ?

गुरु—पानीसे हलकी चीज़ें तैरती हैं। उनका कुछ हिस्सा तो डूबा रहता है और कुछ बाहर रहता है। देखो, अब हाँ पलट्टेके बाट उतार लेता है तो पलट्टा उठ जाता है। पैसा पानीके भीतर भी कुछ थोका ज़रूर रखता है। अब पैसेकी जगह लकड़ीका टुकड़ा बाँधता है। देखो, यह पानी ज़रा सी डूबी हुई है पर बाकी सब तैरती है, और अब वें सीधी हो गयी। इससे क्या मालूम हुआ ?

सो०—इससे तो मालूम होता है कि लकड़ीमें कुछ बे हो नहीं है !

गुरु—हाँ, जो हिस्सा पानीसे बाहर रह गया उस थोका कुछ भी नहीं है पर इस लकड़ीमें अगर एक फूलका फील आरपार ठोक दें तो फूलका हिस्सा ज़्यादा भारी होकर पानीमें डूबना चाहेगा और काठ तैरना चाहेगा। काँच तोहा पानीसे भारी है और यह लकड़ी हलकी। इसी सिरको छोड़ आदमीका सब शरीर पानीसे हलका है इसलिए पानीके भीतर जाकर तलीमें ठहर नहीं स

मुग्ध ऊपरको उठता है। इसे ही कहने हैं 'पानी फँकना है' अर्थात् पानी हलकी चीज़को उछाल देता है। पर जब आदमी मानी पीकर भारी हो जाता है तो डूब जाता है।

। देा हजार यरग्न हुए पश्चिममें अर्कमीदिस नामका एक बड़ा घिछान् हो गया है। उसने अपने हमाममें एक दिन गोना लगाया तो चीज़का पानी बहुत सा बाहर यह गया और उसका शरीर पानीमें ऊपरको आया। इसमें उसे देा धातें लूझीं, एक तो यह कि पानीमें डूबनेवाली चीज़का भाग कम हो जाता है, दूसरे यह कि डूबनेवाली चीज़ अपने आयतनके बराबर पानी हटा देती है।

मो०—यह तो कोई बड़ी मूझकी बात न थी !

गु०—क्यों नहीं, इन्हीं धातोंसे उसने "आपेक्षिक घनत्व" जाननेका एक उपाय जो निकाला !

मो०—अच्छी याद दिलायी। पिताजीने कल मुझे बत-
ताया कि एक ही आयतनकी किसी चीज़की तैलको उसी आयतनके पानीकी तैलसे भाग दे तो आपेक्षिक घनत्व निकलता है। इस तरह दूधका आपेक्षिक घनत्व निकाला तो १.०३ ठहरा। अर्थात् दूध पानीसे १.०३ गुना भारी है।

मो०—'आपेक्षिक घनत्व' किसे कहने हैं ? —

गु०—आपेक्षिक घनत्वमें यह मतलब है कि एक चीज़ दूसरीसे कितनी घन है। यह जाननेकेलिपे दोनों चीज़ोंका बराबर आयतन लेकर तैल लेते हैं, इन दोनों तैलोंकी तुलना करने हैं कि एक दूसरेमें कितनी गुनी है। अब दोनोंमें जिसके भारसे तुलनाकी जाती है वह चीज़ पेसी होनी चाहिये कि सुलभ हो, और उससे सभी चीज़ोंकी तुलना हो सके।

इसलिए विद्यार्थी ने भारी पन नापने के लिए पानी का हाँ पानी लिया है। किसी चीज़ का तेल, घरायस आयतन वाले पानी तोलस कितनी गुनी है, इसीको 'आपेक्षिक घनत्व' कहते हैं।

राम०—तो गुरुजी, अर्कमोदिमने क्या दिक्कत निकाली

गु०—यताते हैं, दूध और पानीके आयतन तो नए घरायस लेकर तोल सकते हैं, पर टीक देदी मेदी चीज़ें आयतन नपनेसे नहीं मालूम कर सकते। हाँ, उस दिन के पत्थरका आयतन पानीमें डुबाकर निकालना यतसाधा है उस तरह निकाल सकते हैं। जो पानी पत्थर हटाना। उसे नापनेके बदले तोल लें तो क्या मालूम हो?

ग्या०—पत्थरके घरायस आयतन वाले पानीकी तोल।

गु०—अच्छा, इस तरह जब उसी आयतनके पानी तोल मालूम हुई, तो उससे पत्थरकी तेलको भाग दिया आपेक्षिक घनत्व निकल आया।

पत्थरकी तोल

घरायस आयतन वाले पानीकी तोल = पत्थरका आपेक्षिक घनत्व।

देखो अब इसी रीतिसे हम ताँबेका आपेक्षिक घनत्व निकालते हैं।

यह कहकर गुरुजीने एक पैसेको तेलकर उसकी तेल काले तल्लेपर लिख दी। फिर एक कटोरीका घड़ा ले लिया। उसमें एक नन्ही सी कटोरी रखकर धीरे धीरे पानी के सहारे लघालघ पानी भर दिया। परन्तु बड़ी कटोरी एक बुँद भी गिरने न पायी। फिर उसमें वही पैसा धीरे

दिया। थोड़ा सा पानी बड़ी कटोरीमें गिरा। अब धीरेसे उन्होंने छोटी कटोरी निकाल ली और बड़ी रोके पानोंको तोल लिया। इस तोलसे जो पैसेकी को भाग दिया तो ६ निकला। गुरुजीने लड़कोंसे कहा, "ताँबेका आपेक्षिक घनत्व ६ हुआ"।

मोहन—पिताजी भी यही कहते थे। परन्तु इस तरह तो पानी कटोरीके पेंदेमें लगा रहता है और भरनेमें कुछ भी वैश्यां हुई कि भेद पड़ गया।

गु०—शेक है। अर्कमोदिसने इसी आपेक्षिक घनत्वको वै सीधी सार्दा रीतिसे निकाला। हम तुम्हें दिखाते हैं।

गुरुजीने पहलेको नाई पैसेको पानीमें डुबाकर तोला तो लकी तोल मामूली तालसे कुछ कम टहरी। इसमें गुरुजीने ते तख्तेपर लिख दिया। इसमें पैसेको मामूली तालसे तया और कहा, "लड़को देखो, पानीमें डुबाकर तोलनेमें हमें इतनी कमी आयी।"

मा०—गुरुजी, यह तो ठीक उतनी ही हुई जितनी आपने के आयतनभर पानीको कटोरीमें तोलकर निकाला था।

गु०—हां, होती क्यों न! बात यह है कि टूयनेपर जो कमी लमें आती है यह दूधी हुई घाँज़के आयतनभर पानीको लके धरापर होती है। अब ऐसी घाँज़ोंका आपेक्षिक घनत्व जना हो तो पानीमें तोला। इस तालमें जो कमी दीखे उसी रीतिसे साधारण तालको भाग दो आपेक्षिक घनत्व निकल आएगा। यही अर्कमोदिसकी रीति है।

घाँज़ा तोल = $\frac{\text{मामूली ताल}}{\text{तालमें कमी}} = \text{आपेक्षिक घनत्व}$

श्याम०—मान लीजिए, हम नमकका आपेक्षिक निकालना चाहते हैं, पर हुयेते समय कुछ न जायगा।

गु०—पानीमें घुलनेवाली चीज़ोंका घनत्व निश्चित तो पहले हवामें तोला फिर मिट्टीके तेलमें, या किसी चीज़ घुल न सके। मिट्टीके तेलका घनत्व मालूम हो जाने के परिमाणसे घनत्वका हिसाब लग सकता है।

(१०) तीन तोलेके एक मोमके टुकड़ेमें ५ तोले वज्रनका पीतलका गर बांधकर पानीमें तोने भी वजन क्या होगा ? मोमका आ. घ. ६५ और तिलका ८१ । [उत्तर—४ तोले ३ माशेके लगभग]

(११) एक चांदीका कड़ा वजनमें २४ तोना है । पानीमें तोलनेमें १॥ तोना आता है । इस चांदीका आपेक्षिक घनत्व निकालो । घ्राणित शदीरा आपेक्षिक घनत्व ११.५४ है । कड़ेकी चादी घ्राणित है या नहीं ? [उत्तर—६६, नहीं]

(१४) एक पीतलके टुकड़ेकी मामूली तौल ४८ ग्राम है । पानीमें तौलनेमें यह ४० ग्राम और मिट्टीके तैलमें तौलनेमें ४०.६ ग्राम उतरता है । तैल और मिट्टीके तैलके आपेक्षिक घनत्व क्या है ?

[उत्तर—०.८५]

७-पदार्थोंकी अवस्था

श्यामलान—गुरुजी, आपने क्या कहा ? हवामें तौलना सिमा ?

गुरु—यह जो सब चीजें मामूली तौरपर तौलते हो वह तो हवामें ही तौलना हुआ, क्योंकि हमारे चारों ओर हवा ही व्याप्त है ।

श्या०—और फाँटरीमें तोलें तो ?

गुरु—ना भी हवामें तौलना हुआ । हवा तो यहां भी है, प्राप्तिर हवा न होती तो फाँटरीमें तुम सांस कैसे लेते ? हम लोग जितने सांस लेनेवाले प्राणी हैं उसी तरह हवाके समुद्रमें रहते हैं जैसे मछलियां पानीके समुद्रमें ।

माहन—तो हवाके समुद्रके सामने पानीका समुद्र तो कुछ भी न उहरा, क्योंकि हवा सब जगह है । तो तारौतक हवा ही हवा होगी ।

(७) एक शीशीमें ८ तोला गंधकका तेजाब आता है। घनत्व १॥ है। अगर पाग पानीसे १३॥ गुना भारी है तो शीशीमें कितना पाग अमायगा ? [उत्तर—३१]

(८) ५ तोलेके एक लकड़ीके टुकड़ेमें १४ तोले दूधनका पानीमें डुबोकर तोला तो १० तोले हुए। लकड़ीका आपेक्षिक घनत्व क्या होगा ? [उत्तर—०.७१]

(९) गंधकका आपेक्षिक घनत्व २.०६ है। गंधकके १० टुकड़ेको दूधमें तोला तो ५ ग्राम निकला। दूधका आपेक्षिक घनत्व क्या होगा ? [गंधक दूधसे दूना भारी हुआ। अर्थात्—

आयतनमें जितना गंधक २ ग्राम है उतना दूध १ ग्राम है

" " १ " " " $\frac{1}{2}$ "

" " २.०६ " " " $2.06 \times \frac{1}{2}$

= १.०३

" " २.०६ " उतना पानी १ ग्राम है

इसलिए " दूध १.०३ " है उतना पानी १ " है

अर्थात् दूधका आ. घ. १.०३ है।]

(१०) एक शीशीमें मिट्टीका तेल ८५ ग्राम आता है। तेजाब भरने से १८० ग्राम आता है। इस तेलका आ. घ. ८५ है। पानी कितना अमायगा ? शीशीका आयतन क्या है ? तेजाबका क्या है ? १ ग्राम पानीका आयतन १ घन सेंटीमीटर होता है।

[उत्तर—१०० घन-सेंटीमीटर,

(११) एक सोनेका कड़ा तोलमें २१ तोला है। पानीमें तोल तोले ८ मासे उतरता है। आलिस सोनेका आपेक्षिक घनत्व क्या होगा ? सोनेका आ. घ. निकालो और बतलाओ कि आलिस है

[उत्तर—आ. घ. = १९.३३]

गु०—नहीं, तारोंतक तो हवा नहीं है। हवाकी ऊंचाई ज्यादासे ज्यादा २०० मील है। और तारे तो अरबों सौ मीलकी दूरीपर हैं।

मो०—गुरुजी, यह ऊंचाई कैसे नापी गयी ?

गु०—यह बात तुम्हारेलिए अभी समझनी कठिन है। बड़े दरजोंमें पढ़ागे तो मालूम हो जायगा।

प्या०—गुरुजी, सांस लेनेमें हम हवा बाहरमें खींचते हैं पर निकालते भी तो हैं। जो सांसमें बाहर निकलता है वही फिर हम सांसमें खींच लेते हैं—क्या यह बात नहीं है ?

गु०—नहीं ऐसा नहीं है। जो हवा हम बाहर निकालते हैं वह गन्दी हवा है—श्रीर तरहकी है। उसका निकल जाना ज़रूरी है। अगर उसी हवाको हम सांसमें खींच ले जाय करें तो जीना दुर्लभ हो जाय।

मो०—क्या हवा कई तरहकी होती है ?

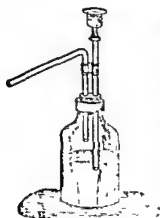


चित्र नं० ६

गु०--क्यों नहीं ? अथ तुम जो सांससे निकालते ही उसी हवाको जांच लो । उसमें और बाहरकी हवामें भेद है या नहीं ?

इतना कह गुरुजीने एक शीशीसे चूनेका निथरा पानी कांचके गिलासमें उँडेला और नरफटकी नलीसे उसमें फूँका । पानी तुरन्त दूधिया हो गया । [चित्र न० ९]

गु०--देखो, सांससे चूनेका पानी दूधिया हो जाता है ।



चित्र न० १०

गु०--अब बताओ, क्या देखा ?

मा०--गुरुजी, सांसकी और आगकी हवासे तो चूनेका पानी दूधिया हो गया, पर मामूली हवासे नहीं हुआ ।

रयाम०--तो इससे यह मालूम हुआ कि सांससे यही हवा निकलती है जो आगमेंसे निकलती है । यों हवा दो तरहकी मालूम हुई ।

फिर गुरुजीने हुक्केका डट्टा लेकर उसी चूनेके पानीवाली बोतलमें इस तरह लगाया कि डट्टेका एक सिरा पानीमें डूब गया और निगालीसे हवा देग-तक खींची पर पानी दूधिया न हुआ । फिर चिलममें आग रख-कर हवा खींची तो तुरन्त दूधिया हो गया । [चित्र न० १०]

विज्ञान-प्रवेशिका

गु०—नहीं, तारोंतक ना हवा नहीं है। हवाको अंचा
यादासे ज्यादा २०० मील है। और तारे ना अरयां मं
गिलकी दूरीपर हैं।

मो०—गुरुजी, यह अंचाई कैसे नापा गया ?

गु०—यह बात तुम्हारेलिए अभी समझना कठिन है
पड़े दरजोंमें पढ़ोगे तो मालूम हो जायगा।

श्या०—गुरुजी, सांस लेनेमें हम हवा बाहरमें खींचते
पर निकालते भी तो हैं। जो सांससे बाहर निकलता
वही फिर हम सांससे खींच लेते हैं—क्या यह बात नहीं है

गु०—नहीं ऐसा नहीं है। जो हवा हम बाहर निकालते
वह गन्दी हवा है—और तरहकी है। उसका निकल ज
ज़रूरी है। अगर उसी हवाको हम सांससे खींच ले ज
करें तो जीना दुर्लभ हो जाय।

मो०—क्या हवा कई तरहकी होती है ?



गुरु--क्यों नहीं ? अब तुम जो मांसमें निकालने हो उसी दवाको जांच लो । उसमें और दवाइकी दवामें भेद है या नहीं ?

इतना कह गुरुजीने एक शीशीमें चूनेका निश्चरा पानी कांचके गिलासमें डंडेला और नरकटकी नलीमें उसमें फूँका । पानी तुरन्त दूधिया हो गया । [चित्र न० ६]

गुरु--देखो, मांसमें चूनेका पानी दूधिया हो जाता है ।



गु०—नहीं, तापगतक ना हया नहीं है। हयाकी ऊँच ज़्यादासे ज़्यादा २०० मील है। और तापे ना अरयों मा मीलकी दूरीपर है।

भा०—गुरुजी, यह ऊँचाई कैसे नापी गयी ?

गु०—यह बात नुस्तेरलिय अमी समझनी कठिन है बड़े दरजोंमें पढ़ागे ना मालूम हो जायगा।

भा०—गुरुजी, सांस लेनेमें हम हया बाहरमें साँचने पर निकालने भी ना है। जो साँसमे बाहर निकलती। वही फिर हम साँसमे साँच लेते हैं—क्या यह बात नहीं है?

गु०—नहीं ऐसा नहीं है। जो हया हम बाहर निकालते। वह गर्मी हया है—और तरहकी है। उसका निकल जल ज़रूरी है। अगर उसी हयाको हम साँसमे साँच ले जा करें तो जीना दुर्लभ हो जाय।

भा०—क्या हया कई तरहकी होती है ?



गु०—क्यों नहीं ? अथ तुम जो सांससे निकालते ही उसी हवाको जांच लो । उसमें और बाहरकी हवामें भेद है या नहीं ?

इतना कह गुरुजीने एक शीशीसे चूनेका निथरा पानी कांचके गिलासमें उँडेली और नरफटकी नलीसे उसमें फूँका । पानी तुरन्त दूधिया हो गया । [चित्र न० ९]

गु०—देखो, सांससे चूनेका पानी दूधिया हो जाता है ।




चित्र न० ९

फिर गुरुजीने हुक्केका डट्टा लेकर उसी चूनेके पानीवाली बोतलमें इस तरह लगाया कि डट्टेका एक सिरा पानीमें डूब गया और निगालीमे हवा दे- तक खींची पर पानी दूधिया न हुआ । फिर बिलममें आग रख- कर हवा खींची तो तुरन्त दूधिया हो गया । [चित्र न० १०]

गु०—अथ यताश्रो, क्या देखा ?

मा०—गुरुजी, सांसकी और आगकी हवामें तो चूनेका पानी दूधिया हो गया, पर मामूली हवामें नहीं हुआ ।

ग्याम०—तो इससे यह मालूम हुआ कि सांससे यही हवा निकलती है जो आगमेंसे निकलती है ।  दे- तरहकी मालूम हुई ।

गु०—नहीं, तारों तक नों दिया नहीं है। हवाकी ऊँचाई यादासे ज्यादा २०० मील है। और तारे नों अर्यों मंन मीलकी दूरीपर हैं।

मो०—गुरुजी, यह ऊँचाई कैसे नापी गयी ?

गु०—यह धान तुम्हारे लिए अभी समझना कठिन है। बड़े दरजोंमें पढ़ागे नों मालूम हो जायगा।

स्था०—गुरुजी, सांम लेनेमें हम हवा याहरमें मौनते पर निकालते भी नों हैं। जो सांममें याहर निकलता वही फिर हम सांममें मौन लेने हैं—क्या यह धान नहीं है?

गु०—नहीं ऐसा नहीं है। जो हवा हम याहर निकालते वह गन्दी हवा है—और तम्हकी है। उसका निकल जान जरूरी है। अगर उमी हवाको हम सांममें मौन ले जाय करें तो जोना दुर्लभ हो जाय।

मो०—क्या हवा कई तरहकी होती है ?



चित्र नं० ६

अभ्यास

१—हवाका समुद्र कितना गहरा है ?

२—जो हवा हम सामने भीता ले आते हैं, और जिसे बारर निकालते हैं, उन दोनोंमें क्या भेद है ?

३—आग जलनेसे कौन सी हवा बनती है ?

४—दुनियामें जितनी चीजें हैं तीन धाम्धाओंमें होती हैं। वह कौन कौन हैं ?

५—ठोसके उदाहरण दो और लक्षण बताओ ।

६—द्रवके उदाहरण दो और लक्षण बताओ ।

७—गैसके उदाहरण दो और लक्षण बताओ ।

८—खोसला कड़ा, गिलास, लोटा दोन, कपडा आदि ठोस हैं या नहीं ?

८—ठोस

गु०—आज हम ठोस वस्तुओंपर विचार करेंगे ।
प्यारेलाल, परसेा जो ठोस वस्तुओंके उदाहरण हमने दिये
उनके मिथा और पास वस्तुओंके तुम नाम ले सकते हो ?

प्यार०—चांदी, तांबा, पीतल ।

गु०—और (दुमरांकी और इगारा कगके) ?

गोविन्द—लोहा, टीन, सोना, रंगी ।

गु०—दो क्या, हवा अनेक तरहकी होती है। पर जो हमारे चारों ओर फैली हुई है उसी हवामें हम मांस ले सकते हैं।

मो०—तो जिस तरह ठोस चीज़ें और अरक या पानीकी सी चीज़ें तरह तरहकी होती हैं, हवा भी तरह तरहकी होगी।

गु०—ज़रूर। दुनियामें जितनी चीज़ें तुम देखते हो, तानमें किसी न किसी धर्मकी ज़रूर होगी—ठोस, द्रव और हवाई या गैस।

जिन चीज़ोंकी खास शकल होती है "ठोस" कहलाती हैं जैसे किताब, मेज़, कुर्सी, मिट्टी, स्लेट, गड़िया आदि। जिन चीज़ोंकी खास शकल नहीं होती—पानीकी नाई जिस धरतन रखवा उसकी ही शकल बन गयी—और दलाव पाकर बहती हैं, उन्हें "द्रव" कहते हैं, जैसे दूध, पानी, पारा, तेज़ाब, अलकोहल आदि। द्रवकी तरह जिन चीज़ोंकी खास शकल नहीं होती, पर जिस धरतनमें पड़ें चारों ओर फैल जाँ उन्हें हवाई या "गैस" कहते हैं, जैसे हवा या जलनेवाली गैस आदि।

रया०—गुरुजी, उस दिन मेरे यहां सावित्रीकेलिए मुनार फड़े बना लाया, तो माताजीने कहा "यह तो ठोस हैं उससे रुहो कि हमें पोले बनवाने थे।" परन्तु पोले फड़े भी तो खास शकलके होते हैं; तो क्या ठोस नहीं हुए?

गु०—ज़रूर, पोले फड़े भी 'ठोस' ही हुए। तुम्हारी माताजीका यह मतलब था कि फड़े "भरे" थे, किन्तु उन्हें "पोले" बनवाने थे। उन्होंने "भरे" की जगह "ठोस" क दिया।

यह कहकर गुरुजी सीमा, लोहा, कांच, नमक, कोयला और भाषांके टुकड़े, हथौड़ी, और निहाई लाये और कहा—

“लड़को, ठोस पदार्थोंके गुण और भी देखने हैं। पहले सीमा लेने हैं। देखो, इस स्यादे कागज़पर इसके गीचनेसे निशान बन जाता है। लोहा, कांच आदिमें निशान नहीं बनता। अब सीमेसे लाहे और कांचको गरोचते हैं। कोई निशान नहीं पड़ता। लाहेसे गरोचनेसे सीमेपर चिह्न बन गया। इससे क्या नतीजा निकला ?”

मा०—यह कि सीमा मुलायम है और लोहा और कांच कड़े हैं।

गु०—शुद्ध और। अच्छा अब कांचसे लाहेको खराचते हैं। [गोपार] क्या हुआ ?

मा०—निशान पड़ गया। तो कांच लाहेसे भी कड़ा है ?

गु०—ज़रूर। अच्छा, अब हथौड़ीसे सीमेको पीटने हैं। (बुध देर पीटकर) देखो, टूटता नहीं।

गोपार—जी हाँ, पर कुछ पिचक गया और टुकड़ा बड़ भी गया है।

गु०—अच्छा अब लाहेको पीटने हैं। देखो, यह टूटता तो नहीं है पर उस तरह बढ़ता भी नहीं है।

प्यार०—गुरुजी, लाहारीको देखा है कि लाहेको लाल करके पीटते हैं तो सीमेकी नाई पिचक जाता है और फैल जाता है।

मा०—और चांदीका भी तो यही हाल है ?

गु०—हां। अच्छा तो तुमने देखा कि कुछ बोज़ चिमड़ी होती है। और पीटनेसे बढ़ती है और आंचसे मुलायम हो जाती है। कांचके टुकड़ेको धरिसे भी हथौड़ी लगती है,

गोपाल—नमक, चीनी, सीमा, कांच ।

तोहन—मिट्टी, लकड़ी, मोम, घी ।

मोहन—गुरुजी, घी तो द्रव है, ठोस नहीं है ।

गु०—पिघला हुआ "द्रव" है, परन्तु जमा हुआ "ठोस" है ।

रघु०—क्या एक ही चीज़ 'ठोस' और 'द्रव' दोनों हो सकती है ?

गु०—क्यों नहीं, बल्कि गैस भी । पानी द्रव है, सरदी पाकर जमकर ठोस, बरफ़, बन जाता है । जाड़ोंमें कभी कभी जो ओले पड़ते हैं वह पानी ही है जो सरदी पाकर ठोस हो गया है । पानी ही गरमी या आंचसे भाप या गैस बनकर उड़ जाता है । सूरजकी गरमीसे पृथ्वीका पानी गैस होकर उड़ उड़कर वादल बन जाता है । वहाँ वादल सरदीसे पानी होकर बरस जाते हैं । बरफ़ मामूली हवाकी गरमीसे गल जाती है । गरमियोंमें घी पिघलकर द्रव हो जाता है । मोम थोड़ी आंचसे गल जाता है । रंगी और सीसा गलानेको अधिक आंच चाहिये । पर उससे भी कहीं अधिक आंच देकर सुनार चांदी सोना गलाते हैं । यह सब चीज़ें ठोससे द्रव हो जाती हैं, पर भेद केवल आंचका ही है । गरमी पाकर ठोस पदार्थ द्रव हो सकता है ।

मो०—क्या कागज़ या रुई या कोयलेको भी आंचसे द्रव कर सकते हैं ?

गु०—नहीं, बहुत सी चीज़ें तो गलानेके पहले ही जल जाती हैं, जैसे कागज़ या रुई । और बहुतेरी साधारण आंचसे द्रव नहीं हो सकतीं, उन्हें अत्यन्त अधिक आंच कोयला । गलानेके भी अनेक उपाय हैं । जैसे

- (२) घाम कैसी आती है ?
- (३) छूनेमें कैसा लगता है ?
- (४) स्वाद कैसा है ?
- (५) आंचका क्या पत्रा अमर पड़ता है ?
- (६) लौ लगनेमें जलता है या नहीं ?
- (७) हथौड़ीकी चोटका क्या अमर होता है ?
- (८) पानीका क्या अमर होता है ?

इसी तरह और भी अनेक चीज़ोंका अमर देखा जा सकता है और हर एक घन्तुके भिन्न भिन्न गुणोंपर विचार किया जा सकता है ।

अभ्यास

१—माच, पीपल, मोम, टीन, रागा मिट्टी, लकड़ा, कागज, दिक्की जाच करके मक़शा बनाकर ग़दरें शिष्यमें जो कुछ माग़ूम हो गयो—

घन्तुका नाम	रंग	गंध	स्वाद	आंचका फल	लौका फल	हथौड़ीकी चोट	पानीका अमर
माच							
पीपल							
मोम							
टीन							
रागा							
मिट्टी							
लकड़ा							
कागज							
दिक्की							

तो चूर चूर हो जाता है। नमकका भी यही हाल है। पंखों
चीज़ोंको चूर चूर हो जानेवाली कहते हैं। भावांको देखो
कितने छोटे छोटे छेद हैं। इनसे भी घारीक छेद इस कोपलेके
डुकड़में हैं जो तालमेंसे दिखाई पड़ते हैं। यह घारीक छेद
पानी और हवाको सोख लेते हैं। लोहा और कांचतकमें
अत्यन्त घारीक छेद होते हैं, इतने घारीक कि तालसे नहीं
देखे जा सकते। किन्तु जिन चीज़ोंमें पंखे छेद अधिक होते हैं
उन्हींको छेदीली, छेदीदार, मसामदार या कूपमय कहते हैं।

प्यार०—तो ठोस चीज़ें भी कई तरहकी हुईं। कुछ पीटनेसे
बढ़ती हैं और कुछ चूरचूर हो जाती हैं। कुछ अनेक छेदों-
वाली होती हैं जिनके छेद दिखाई देते हैं। कुछमें छेद कम या
घारीक होते हैं और दिखाई नहीं देते। कुछ थोड़ी आंचमें गल
जाती हैं और कुछ तेज़ आंचमें भी मुश्किलसे गलती हैं।

मो०—क्या ? यस ! और गुरु जो इन चीज़ोंके रंग-रूप,
बू-वास, स्वाद आदिमें भी तो भेद है। सीसा मैला काला सा
है, ऐसा ही लोहा भी है, पर चमकमें भेद है। मोम कुछ पीला
होता है, चमक बिलकुल नहीं। नमक और चीनीके रूप
इनसे जुदा हैं। यह दोनों चीज़ें रवादार हैं, स्वादमें एक
नमकीन, दूसरी मीठी। सीसा, लोहा आदि पानीमें डूब जाते
हैं। मोम, घी आदि तैरते हैं, पानीसे हलके हैं। नमक और
चीनी दोनों चीज़ें पानीमें डूब जाती हैं और घुल
जाती हैं।

गु०—शाबाश, मोहन, शाबाश। जितनी चीज़ें देखो सब
इसी तरह विचार किया करो। सबकी जांच रंग-रूपसे
शुरू होती है, इसी क्रमसे जांच करनी चाहिए—
(१) रंग रूप क्या है ?

चकस, यह मेज़, यह कुरसी, यह फाला तलता, सब लकड़ीके बने हुए हैं। यह सब चीज़ें अलग अलग हैं, पर सबमें पदार्थ एक ही है—वही लकड़ी। अब यह समझ लो कि चीज़ोंका, वस्तुओंका, नाम रूप-रंगपर रक्खा जाता है परन्तु वह जिनकी बनी हुई होती है, उन्हें 'पदार्थ' कहते हैं।

गुरु—अब गोविन्द, तुम मेज़परके सब पदार्थोंके नाम तो लो।

गो—हथौड़ी, टीनकी डिबिया.....

गुरु—उहरो। सोहन, क्या यह कोई भूल कर रहे हैं ?

गो—हां गुरुजी, यह 'वस्तुओंका' नाम ले गये। हथौड़ी वस्तु है। डिबिया वस्तु है। कहना चाहिए लकड़ी, लोहा

गो—हां, भूल हुई, क्षमा कीजिए। फिर कहता हूं—लकड़ी, लोहा, टीन, सीसा, रांगा, गंधक, नमक, मोम, पीतल, तांबा और मिट्टी।"

गुरु—बहुत ठीक। अच्छा, अब इन पदार्थोंपर विचार रो तो इन्हें तुम दो समूहोंमें बांट सकते हो। पहलेमें लोहा, टीन, सीसा, रांगा, पीतल और तांबा। दूसरेमें लकड़ी, गंधक, नमक, मोम और मिट्टी। पहले समूहवालोंमें किसी न किसी रहकी चमक है, काफी आंच देनेपर एक दूसरेसे मिल जाते हैं, इनके घरतन जल्दी नहीं टूटने, हथौड़ासे पाटे जानेपर चूर चूर नहीं हो जाते। यह सब 'धातु' कहलाते हैं। दूसरे समूहवालोंमें यह गुण नहीं हैं। इसलिए उन्हें अधातु कहते हैं।

श्याम—गुरु जी, देखनेमें टीन और रांगा इन दो धातुओंके ग और चमकमें भेद नहीं जँचता।

गुरु—परन्तु इन दोनोंमें बड़ा भेद है। यह डिबिया टीनकी

६-पदार्थ और वस्तुमें भेद,

धातु और अधातु

गुरुजीने दूसरे दिन हथौड़ी, टीनकी डिबिया, सीसा, रांगा, गंधक, नमक मोम आदि अनेक चीज़ और ताँबे, पीतल और मिट्टीके एक एक घरतन मेज़पर चुन दिये और बोले "आज हम तुम्हें पदार्थ और वस्तु या चीज़में भेद समझाना चाहते हैं" । फिर हाथमें तीनों घरतन लेकर लड़कोंको दिखाए और पूछा "बताओ यह क्या हैं?"

प्यारे०—यह चीज़ें हैं, वस्तुएं हैं?

गु०—इनके नाम क्या हैं?

मो०—इनके नाम गिलास और लुटिया और अमृतयान हैं ।

मो०—गुरुजी, यह तीनों ही 'घरतन' कहलाते हैं, क्योंकि इनमें कुछ चीज़ें रक्खी जा सकती हैं । पर इनके रूपके अनुसार इनके नाम लुटिया, गिलास और अमृतयान पड़े ।

गु०—यह किस पदार्थके बने हैं?

प्यारे०—ताँबा, पीतल और मिट्टी ।

गु०—जो फूल, चांदी और टीनके बने होते तो क्या नाम कुछ और होता?

मो०—नहीं, नाम तो रूपपर रक्खा गया, जिस पदार्थकी यह चीज़ बनी हैं उस पदार्थके नामसे पुकारी जाती तो नाम जरूर बदलता । जैसे यह पीतलका गिलास कहलाएगा, पर फूलका बना होता तो फूलका गिलास कहलाता ।

गु०—अब तुम समझ गये कि वस्तुओंका नाम प्रायः रूपपर पड़ता है, चाहे वह किसी पदार्थकी बनी हों । यह

बढ़ाने हैं। परन्तु इनमें आपसमें बड़ा भेद है। कुछ भेद गिना सकते हैं? स्नाहन, इन सब चीज़ोंकी जांच करके बनलाओ।

मो०—जी हां। मिर्का रंगमें मैला भूरा है। तेल कुछ कुछ पीला है। पानी घेरंग है। छूनेमें तेलमें चिकनाहट होती है। सूंघनेमें मिर्केकी गन्धों भाल और तेलमें तिलकी घाम मालूम होती है। पानीमें घाम नहीं है। तेल पानी नहीं मिलता, सिरका पानी दोनों मिल जाते हैं। स्वादमें सिरका गट्टा, तेल ज़रा ज़रा मीठा और पानीमें पानीका मीठा या खारी स्वाद मालूम होता है।

मो०—गुरुजी, क्या धातु और अधातु द्रव चीज़ोंमें नहीं होतीं?

गु०—ज़रूर, एक तो द्रव पदार्थोंमें पारा ही धातु है। दूसरे, टोम धातु भी गलाकर द्रव कर ली जाती है। चांदी, सोना, रंगी, सीसा तुमने लोगोंको गलाते हुए देखा होगा।

मो०—जी हां। मैंने सुनारके यहां बैठकर देखा है। उसने चांदी गलायी सो पारेकी नाई हो गयी। उसे उमने एक सांचेमें उँडेल दिया जहां पड़ते ही चांदी जम गयी। पारा इस तरह नहीं जमता, बल्कि सुनार कहता था कि अगर पारेको इतनी आंच दें तो उड़ जाय।

प्यार०—गुरुजी, पारा उड़ कैसे जाता है?

गु०—पारा सचमुच उड़ नहीं जाता बल्कि हवामें तेज़ आंच देनेसे जल जाता है, उसकी लाल लाल राख इधर उधर ऐसी गिर जाती है कि देख नहीं पड़ती।

है और 'टीन' 'टीन' जिसे सब लोग कहते हैं वह सचमुच लोहेकी चादर है जिसपर रांगेकी कलई हुई है। अंग्रेज़ों रांगेको 'ट्रिन' कहते हैं, इससे ही इस कलईदार लोहेको 'टीन' कहने लगे।

मा०—गुरुजी, अब मालूम हुआ—इसीसे टीनके बरतनों भी मूरचा लग जाता है। मैं इसी चक्रमें था कि टीन भला मूरचा क्यों लगता है।

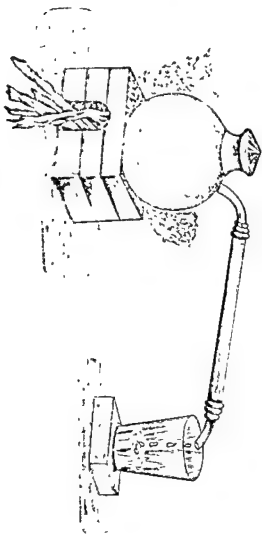
गु०—जब कलई छूट जाती है, लोहा निकल आता है तब पानी पाकर मूरचा या जंग लग जाता है।

अभ्यास

- १—पदार्थ और द्रव्यमें क्या भेद है ? उदाहरण दो।
- २—धातु और अधातुमें क्या भेद है ? उदाहरण दो।
- ३—टीन क्या है ?

१०—द्रव और उसका शोधन

गुरु—लड़को, हमने तुमको उस दिन समझाया था। ठोस चीज़ें आंचसे गलकर द्रव हो जाती हैं। आज चीज़ोंपर ही विचार करना है। देखो, इन तीन पानी, सिरका, तेल अलग अलग रखे गए हैं। शक्लके हो जाने और ढालको ओर घबनेसे



चित्र नं ११

मो०—तो कहना चाहिए कि पारा जल जाता है। वृ
आंच देकर खोलाते रहनेसे तो पानी भी जल जाता है।

गु०—नहीं, पानीका जल जाना कहना भूल है। पानी
जाता है। अगर हवासे बचाकर बंद बरतनमें पारेको
खोलावे और उसकी भापको ठंडी नलीके रास्तेसे ठंडे बरतन
जाने दें तो पारा ज्योंका त्यों बटुर जाता है। इस तरह प
जलेगा नहीं। पारेको शुद्ध करनेका भी यही उपाय है।
पानी किसी तरह खोलाया जाय जलता नहीं, केवल
बनकर उड़ जाता है। अगर इसे भी बन्द बरतनमें खोला
और ठंडी नलीसे इसकी भापको ठंडे बरतनमें आने दें
भाप जमकर पानी बन टपक टपक कर उस ठंडे बरतन
इकट्ठी हो जाय। पानीको इसी तरह शुद्ध करते हैं। बड़ा
हकीम, वैद्य इसी तरह देगमें पानी भरकर खोलाते हैं
टपका लेते हैं। तरह तरहके अरक गुलाबजल आदि
तरह खींचे जाते हैं। देग भपकेकी शकल अगले पृष्ठपर है।

गोविन्द—क्या गन्दा पानी और तरहपर शुद्ध नहीं
सकता ?

गु०—जैसी गन्दगी होती है उसीके अनुसार उतरे
करनेकी रीतियां भी होती हैं। जो केवल गदलापन हो
या तो जब मैल तलीमें बैठ जाय, पानी निधार लिया
और नहीं तो छान लिया जाय। अगर गन्दगी पानीमें उ
हुई है—जैसे खारी पानी या जिसमें नमककी सी चीजें
गयी हों—उन्हें भपकेसे टपकाकर ही शोधते हैं।

प्यार०—गुरुजी, निधारते कैसे हैं ?

गु०—निधारने और छाननेकी रीतियां मैं तुम्हें दूसरे लि
दिखाऊंगा। आज समय हो गया है।

इसे रग देने हैं कि गन्दगी बैठ जाय"। इतना कह गुरुजीने गिलास में रग दिया।

प्यारं०—गुरु जी, नमक और खड़िया क्या गंदी चीज़ें हैं ?

गुरु०—गंदी चीज़ किसे कहते हैं ?

प्यारं०—जो मैली हो।

गुरु०—"मैली" तो "गंदी"का अर्थ हो गया। कहते हैं किम चीज़को ? किम पदार्थको गंदी चीज़ कहते हैं ?

प्यारं०—जैसे मेरे घस्तेका कपड़ा। इसपर स्याही लग गयी है तो अब यह "गंदा" हो गया, "मैला" हो गया।

गुरु०—मैला होनेका कारण क्या है, स्याही या तुम्हारा घस्ता ?

प्यारं०—दोनों मिलकर।

गुरु०—ठीक है। न तो स्याही गंदी चीज़ है, न कपड़ा। स्याही जहां रहनी चाहिए, वहां रहे तो ठीक है। जहां उसे न होना चाहिए, वहां हुई तो गंदी चीज़ हुई। जो चीज़ उचित जगहमें नहीं है, और जिसका हटाना जरूरी है, जो बेकार है, उसे ही गंदी चीज़, मैल, कूड़ा आदि कहते हैं। इस पानीमें खड़िया और नमक होनेसे यह पाने योग्य नहीं है, इससे यह पानी गंदा हो गया है। (गिलासकी ओर दिखाकर) देखो, इतनी गंदगी नलीमें बैठ गयी। अब हम इसे निधारने हैं।

इतना कहकर गुरुजीने एक मोटी चिकनी सी सीक ली जिम्में कोई गांठ नहीं थी। गिलासको धीरेसे उठाकर एक गिलासके पास ले जाकर टेढ़ा किया और नीचेके

अभ्यास

१—शहद, शीरा, शरबत, सिरका, कड़वा तेल और जांच करो और पहलेकी तरह नक़शा बनाकर अपनी जांचको लिखो।

२—क्या कोई द्रव धातु भी जानते हो ? उसके गुण बताओ।

३—“खौलानेसे पानी जल जाता है। आगपर रखनेसे पारा उड़ है। इन वाक्योंमें क्या भूल है ?

४—द्रव पदार्थोंको शोधनेकेलिए अत्तार, वय, हकीम हैं उसका वर्णन करो।

५—देग भपकेका एक नक़शा खींचकर दिखाओ।

११—नियारना और छानना

दूसरे दिन गुरुजीने मेज़पर एक फांचके गिलासमें साफ़ पानी लेकर लड़कोंको चखाया। लड़कोंने कहा पानी ही पानी है, और कोई स्वाद तो नहीं है। मेज़पर रखवा और बोले—

“देखो, यह पानी बिलकुल साफ़ है। आधपात्रके होगा। इसमें हम आधी छटांकके लगभग नमककी खड़िया मिट्टीकी चुकनी डालकर खूब हिलाते हैं। (हली और सूब हिलाया) देखो, यह पानी गदला हो

मोहन०—गुरुजी, छान देखिए ।

गु०—ज़रूर । मगर क्या बतला सकते हो कि कैसे छानें ?



चित्र न० १३

मो०—किसी घारीक कपड़े से ।

गु०—देखो, इस घारीक कपड़े से गदले पानी को छानते हैं । (छानकर) अब भी पानी में कुछ कुछ गदलापन रह गया है । बिल्कुल साफ़ नहीं छाना ।

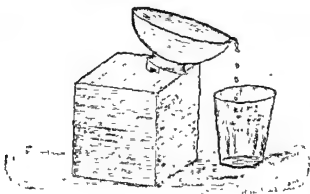
मो०—गुरुजी, शरबत टंडाई दूध आदि तो इसी तरह छानते हैं ।

गु०—जैसे आटे से चोकर अलग करने को चालनी से छानते हैं, और मैदा घारीक कपड़े से, उसी तरह टंडाई आदि से पड़ी चीज़ें अलग करने को कपड़े से छानते हैं । कोई कपड़ा ऐसा नहीं जिससे कुछ न कुछ घारीक मैदा न छन जाय और

किनारेपर उसी सींकका सहारा इस तरह लगाया कि पानी उसी सींकसे गिरने लगा* । गिरते गिरते जब इतना कम हो गया कि खड़िया भी आने लगी तो डालना बन्द कर, और गिलासमें इकट्ठा किया हुआ पानी दिखाकर कह "देखो, यह पानी भी साफ़ है, मगर इसे ज़रा चखो तो। [चित्र न० ११]

कई लड़कोंने चखा और कहा कि यह तो नमकीन है।
गु०—देखो, देखनेमें पानी क़रीब क़रीब साफ़ है, नमकीन होनेसे साफ़ ज़ाहिर है कि नमक निधारनेसे न निकला ।

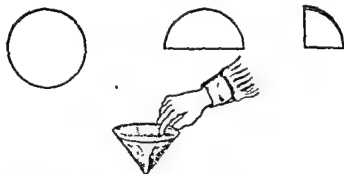
* नशास्ता या सत बनानेवाले और तरहपर निधारने हैं। बरतन किनारेपर रुई या कपड़ेकी दोली बन्नी इस तरह लगाते हैं कि भाथी



चित्र न० १२

पानीमें और भाथी बाहर रहती है । बरतनको ज़रा टेढ़ा कर देने से कि हाथीके पास ठीक किनारेपर लगा रहे । हाथीके सहारे गाढ़ पानी टपकता जाता है । [चित्र न० १२]

दीपत्ता कर देते हैं; जब अर्द्धचन्द्राकार हो जाता है तो फिर उसे लपेटकर चौपत्ता कर देते हैं। फिर एक पक्ष के भीतर अंगुली डालकर (दिखाकर) इस तरह कीपकी शकल घनाकर कीपमें लगा



चित्र नं० १४

कर पानीसे भिगा देते हैं। अब छाना कीपमें लिपट गया है। इसे घोटलपर दलकेसे लगा दिया कि घोटलके मुँह और कीप-



चित्र नं० १५



चित्र नं० १६

कितनी ही धारीक बेघुली चीज़ फ्यों न हो गदलापन ज़रूर पैदा करेंगी।

मो०—फ्यों नहीं, मोमजामेसे शायद मैदा न गिरे।

गु०—तो मोमजामेसे तो पानी भी नहीं छनता।

मो०—तो क्या छाननेका और कोई उपाय नहीं है?

गु०—साफ़ छाननेकेलिए छन्ना-कागज़ काममें लाते हैं।

छन्ना-कागज़ बहुत पतले सोखता या स्याही-चूसकी तय होता है।

गोपाल—क्या और कागज़ोंसे नहीं छान सकते?

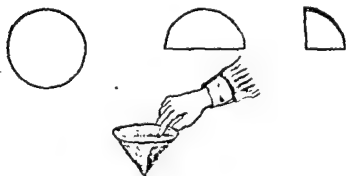
गु०—नहीं। देखो, मामूली कागज़पर पानी डालते हैं [पानी डालकर] दूसरी ओर अभी भीगा भी नहीं, पर स्याही-चूसपर पानी डालते ही कैसा आरपार हो गया।

गोविंद—स्याही-चूसमें क्या खास घात है जो छान सकता है?

गु०—इसमें धारीक छेद हैं जो कागज़के रेशोंसे ढके रहते हैं। इन रेशोंके सहारे छेदोंसे पानी तो निकल जाता है पर ठोस चीज़ रेशोंके ऊपर ही रह जाती है। मामूली कागज़के छेद ज़्यादा धारीक हैं और रेशे ऐसे दबाकर बैठाले हुए हैं कि वह छेद भी बन्द रहते हैं। दबे हुए रेशे पानीको नहीं खींचते। देखो, बत्तीका भी यही हाल है। अगर खूब दबाकर और कसकर घटी जाय तो तेज़ कम खींचती है और जिस बत्तीमें रेशे दबे हुए नहीं हैं तेज़ आसानीसे खींचती है।

आज हम सोखतेसे ही काम लेंगे। पतले सोखतेसे पहले हम गोल काटते हैं, फिर बीचसे उलटकर

झीपता कर देने हैं; जब अर्धचन्द्राकार हो जाता है तो फिर उसे लपेटकर चौपता कर देने हैं। फिर एक पक्षके भीतर अंगुली डालकर (दिगाकर) इस तरह चौपकी शकल बनाकर चौपमें लगा



चित्र सं० १४

कर पानीमें भिगा देने हैं। अब छाना चौप-में लिपट गया है। इसमें घोललपट्ट हलकेमें लगा दिया कि घोल-लपट्ट मुँह और चौप-



चित्र सं० १५



कितनी ही घारीक वेधुली चीज़ क्यों न हो गदलापन पैदा करेगी।

मो०—क्यों नहीं, मोमजामेसे शायद मैदा न गिरे।

गु०—तो मोमजामेसे तो पानी भी नहीं छनता।

मो०—तो क्या छाननेका और कोई उपाय नहीं है!

गु०—साफ़ छाननेकेलिए छन्ना-कागज़ काममें लाते।
छन्ना-कागज़ बहुत पतले सोखता या स्याही-चूसनी होता है।

गोपाल—क्या और कागज़ोंसे नहीं छान सकते!

गु०—नहीं। देखो, मामूली कागज़पर पानी डालते
[पानी डालकर] दूसरी ओर अभी भीगा भी नहीं, पर
चूसपर पानी डालते ही कैसा आरपार हो गया।

गोविंद—स्याही-चूसमें क्या खास घात है जो
सकता है?

गु०—इसमें घारीक छेद हैं जो कागज़के रेशोंमें
रहते हैं। इन रेशोंके सहारे छेदोंसे पानी तो निकल
है पर ठोस चीज़ रेशोंके ऊपर ही रह जाती है।
कागज़के छेद ज्यादा घारीक हैं और रेशे ऐसे
बैठाले हुए हैं कि वह छेद भी बन्द रहते हैं। वे
रेशे पानीको नहीं खींचते। देखो, घत्तीका भी यही हाल
अगर सूख दयाकर और कसकर घटी जाय तो
कम खींचती है और जिस घत्तीमें रेशे दबे हुए नहीं।
आमानीमें खींचती है।

गु०—नहीं, पहले तो मिट्टी घुलती ही नहीं और घुलती है तो रखादार नहीं होती। क्योंकि मिट्टी रखादार है ही ही।

मो०—क्या, मिट्टी रखादार नहीं है? नन्हे नन्हे रखे तो मिट्टीमें भी होते हैं?

गु०—'रखे' से मतलब कणसे नहीं है। छोटे छोटे, सूक्ष्म कणोंसे ही, जो किसी तरह देखे नहीं जा सके हैं, सारे संसार-के पदार्थ घन हैं। इन्हीं कणोंको 'अणु' कहते हैं। इन्हें 'रखा' नहीं कहना चाहिए। 'रखा' खास चमकीली शकलको कहते हैं। नमकके रखे सबके सब चमकीले चाँकेर घन होते हैं। इन नमकके टुकड़ोंको [लडकोंको दते हुए] ध्यानसे देखो, इनमें घन रखे तमाम जमे हुए हैं। एक साथ ऊपर नीचे जम जानेसे ऊपरसे घन नहीं दीखते पर इनमेंसे छोटे छोटे घन रखे तड़फकी जगहपर छेनी या चाकूकी धार लगाकर ज़रा चोट देनेसे निकल आते हैं। देखो, हम दो चार निकालकर तुमको दिखलाने हैं।

यों कहते हुए गुरुजीने चाकूकी धार तड़फकी जगह लगाकर हलकी चोट दे देकर नमकके टुकड़ोंमेंसे कई घन रखे निकाले। इन रखोंको उन रखोंसे मिलाया जो नमकके पानी-में मिले थे।

गु०—अच्छा, इन रखोंको ज़रा तालके सहारे देंगे।

यों कहते हुए गुरुजी एक गोल कांच निकाल लाये और देखाया।

गोपाल—गुरुजी, ताल किसे कहते हैं?

मो०—क्या सब पानी उड़ा देनेकी ज़रूरत नहीं है ?

गु०—सब पानी उड़ा देनेसे बड़े रवे न बँधेंगे, बुकना सा रह जायगी और कुछ खुरंद सा होकर कटोरीसे लग भां जायगा ।

मो०—यह कैसे मालूम हो कि 'काफ़ी' पानी खौलकर निकल गया है, अब ठंडा करना चाहिए ?

गु०—एक कांचके कलमके सिरेको, या मामूली गोल चिकनी कलमकी डंडीको ज़रा उसमें डुबोकर निकाल लो और फूँककर भीगे हुए भागको ठंडा करो । अगर उस जगह रवे बन जायँ समझो कि काफ़ी पानी निकल गया ।

इतना कह गुरुजीने कटोरीके खौलते पानीकी इस तरा जाँच की तो कलमकी डंडीपर धारीक सफ़ेद रवे बन गये । गुरुजीने चीमटेसे कटोरी उतार ली और ठंडी होनेको रख दी । ठंडी होनेपर बहुतसे रवे जम गये । लड़कोंने चला तो नमक था ।

मो०—गुरुजी, क्या इससे बड़े रवे नहीं बन सकते ?

गु०—कुछ और बड़े फ्यों नहीं बन सकते, पर ज़ल्दा दिखानेकेलिए पानीको ज़्यादा खौलाया गया । अब देखो हम तूतियाकी बुकनी इस शीशीमें पानीमें घोलते हैं, और इसे भी खौलाते हैं ।

गुरुजी उसे एक तामचीनीके प्यालेमें खौलाने लगे । ज्यों ही ज़रासे रवे कलमकी डंडीपर दीखे ठंडा होनेको ऐसा जगह रख दिया जहाँ ज़रा भी हिलने डोलने न पाये । लड़कों से कहा 'इसे कल देखेंगे' ।

मो०—क्या मिट्टीके भी रवे इस तरह बन सकते हैं ?

०—नहीं, पहले तो मिट्टी घुलती ही नहीं और घुलती तो रघादार नहीं होता। क्योंकि मिट्टी रघादार है ही

॥०—क्या, मिट्टी रघादार नहीं है? नन्हें नन्हें रवे तो मैं भी हूँ न?

॥०—'रवे' से मतलब कणसे नहीं है। छोटे छोटे सूक्ष्म से ही, जो किसी तरह देखे नहीं जा सके हैं, सारे संसार-दार्थ बने हैं। इन्हीं कणोंको 'अणु' कहते हैं। इन्हें 'रघा' कहना चाहिए। 'रघा' नाम चमकीली शकलको कहते नमकके रवे सबके सब चमकीले चौंकार घन होते हैं। नमकके टुकड़ोंको [लडकोंको देते हुए] ध्यानसे देखो, इनमें रवे तमाम जमे हुए हैं। एक साथ ऊपर नीचे जम जानेसे रसे घन नहीं दीखते पर इनमेंसे छोटे छोटे घन रवे फकी जगहपर छेनी या चाकूकी धार लगाकर ज़रा चोट से निकल आते हैं। देखो, हम दो चार निकालकर तुमको प्रलाते हैं।

यों कहते हुए गुरुजीने चाकूकी धार तड़फकी जगह ठाकर हलकी चोट दे देकर नमकके टुकड़ोंमेंसे कई घन रवे निकाले। इन रवोंको उन रवोंसे मिलाया जो नमकके पानी-मिले थे।

गु०—ताल कांचके गोल टुकड़े होते हैं जो बीचसे या तो पतले या ममूरकी तरह मोटे होते हैं। जो बीचसे मोटे होते हैं, उनसे घारीक चीज़ें बड़ी दीग्वती हैं। इस तालसे भी घारीक रवोंको ज़रा बड़ा देखा सकेगा।

लड़कोंने घारी घारीसे रवोंको देखा और कहा 'हां, नमकके रवे घन होते हैं'।

प्यारे—यह और चीज़ोंके रवे और और शकलोंके होते हैं ?

गु०—हां, पर एक ही चीज़के रवे प्रायः एक ही शकलके होते हैं।

मा०—तो गुरुजो, ठोस पदार्थ दो तरहके चित्र न० १) हुए एक तो रवेदार दूसरे येखा।

गु०—हां, मगर, यह केवल रूपके खयालसे दो तरहके हुए। ऐसी भी चीज़ें हैं जो एक दशामें रवेदार और दूसरामें येखा होती हैं। इनका ज़्यादा हाल तुम्हें ऊंचे दरज़े में मालूम होगा।



अभ्यास

- १—रवे बनानेकी क्या रीति है ?
- २—क्या सब चीज़ें रवादाइ होती हैं ? 'रवा' किसे कहते हैं ?
- ३—'ताल' क्या है ?
- ४—शोरा और फिटकिरीके रवे बना

१३-घोल

अगले दिन गुरुजीने तृतियाघाला प्याला लड़कोंको दिगाया। उसमें नीले नीले तीन फोगवाले लम्बे से रबे पड़ गये थे जो नमकवाले रबोंसे कहीं बड़े थे और बड़े सुन्दर लगते थे। गुरुजीने उसे सबको दिखाकर पिछले पाठकी यातें याद दिलायीं और फिर उन रबोंको रंग दिया और रोज़का काम शुरू हुआ।

मो०—गुरुजी, आप उस दिन कहते थे कि विलकुल घुले हुए होनेके यही लक्षण हैं कि गदलापन विलकुल न हो। मैंने लाल शकरका शरबत बनाकर शीशीमें रक्खा तो गदला था, तो क्या शकर पूरी तीरसे घुल नहीं जाती ?

गु०—शकर तो पूरी घुल जाती है पर उसमें जो मैल होता है उसके न घुलनेसे गदलापन रहता है।

मो०—आपकी बतायी हुई रीतिसे छाननेपर गदलापन तो दूर हो गया, पर रंग ज्योंका त्यों बना रहा।

गु०—हां, रंग तो घुल जाता है, इसीसे छाननेसे दूर नहीं होता।

मो०—हां गुरुजी, उस दिन आपने यह न बताया कि घुली हुई गन्दगी पानीसे किस तरह दूर की जा सकती है।

गु०—भपकेकी तुम्हें ज़रूर याद होगी। वस, उस पानीको देग़में खोलाते हैं तो भपकेसे साफ़ पानी टपक जाता है और घुली हुई चोड़ देग़के पेंदेमें रह जाती है।

मो०—इस तरह अगर हम शरबतको खोलाकर टपकाएं तो शकर और रंग दोनों ही देग़में रह जायेंगे।

गु०—ज़रूर। कोई भी द्रव हो, अगर उसमें ऐसे पदार्थ घुले हुए हैं जो उसके उबलनेपर साथ ही साथ हवा बनना नहीं उड़ जा सकते, तो उस द्रवको घुलित पदार्थोंसे इस तरह अलग कर सकते हैं। नमक पानीके साथ हवा बनकर उड़ नहीं सकता, इसलिए नमकसे इस तरह पानीको अलग कर सकते हैं, पर सौंफ़ और पानीको इस तरह खौलाकर टपकाने तो सौंफ़का अरक बन जाता है, क्योंकि सौंफ़में कुछ पदार्थ ऐसा भी है जो पानीमें घुलनशील है परन्तु उसके साथ ही साथ उड़कर टपक भी जाता है। इसीसे सौंफ़के अरकमें पानी अलगाना चाहो तो भयकेसे ऐसा नहीं कर सकते।

प्यारे०—गुरुजी, घुलनशील क्या ?

गु०—मोहनने पानीमें शकर घुलायी। शरयत तैयार हुआ। इस शरयतको पानीमें शकरका घोल कहना चाहिये। पानी घोलक अर्थात् घुला लेनेवाला हुआ। शकर पानीमें घुल सकता है, सो घुलनशील हुई। जो घुली है, वह घुलित कहलाएगी। इसलिए—

१—जो पदार्थ किसी औरको अपनेमें घुला सके वह घोल कहलाता है, जैसे पानी।

२—जो पदार्थ किसी औरमें घुल सके उसको घुलनशील कहते हैं, जैसे शकर।

३—एक पदार्थमें दूसरा घुला हुआ है, इस मेलको घोल कहते हैं, जैसे शरयत।

४—जो पदार्थ घुला हुआ है, उसे घुलित कहते हैं, जैसे शरयतमें शकर।

नो०—शकर आदि ठोस पदार्थ तो पानीमें घुल जाते हैं पर क्या और द्रवोंका भी यही हाल है ?

गुरु—नहीं। किसी द्रवमें कोई ठोस घुल जाता है, किसीमें नहीं घुलता। दूंगे, निहोके तेलमें कपूर ज्यादा घुलता है, पर शर्मा में अत्यन्त कम घुलता है। सब घोलक सभी घुलनशीलों को घुला नहीं सकते, निम्नपर भी पानीकी घोलनशक्ति सभी द्रवोंमें बढी चढी है। इन्में अनेक ठोस, अनेक द्रव, अनेक गैस घुल जाती हैं।

प्यारेल—क्या गैस और द्रव भी पानीमें घुल जाते हैं ?

गुरु—क्यों नहीं ? पानीमें क्या, किसी घोलकमें घुल जायेंगे। हम पानोका ही उदाहरण लेंगे। देखो, पानीमें मिरका मिल जाता है, मगर तेल और पानी नहीं मिलते। तेल नहीं घुलता।

मो०—गुरुजी, अगर शराब और पानी मिलाएं तो कौन घोलक होगा और कौन घुलित ?

गुरु—शराब और पानी मिलाने में जो अधिक होगा वही घोलक होगा, दूसरा घुलित।

मो०—आपने कहा कि गैस भी घुल जाती है। क्या पानीमें गैस घुल सकती है ?

गुरु—घुल सकती क्या, हवा तो घुली हुई है। नदीके पानीमें जो हवा घुली हुई है उसे ही पीकर मछलियां जीती हैं। पानीमें जो मीठा सा स्वाद है, हवाके होनेसे है। जो आटाया हुआ पानी ठंडा करके रोगियोंको पिलाया जाता है वह कैसा स्वादहीन होता है। बात यह है कि आटानेसे हवा निकल जाती है और ठंडा करनेपर हवा अच्छी तरह मिलने नहीं पाती और रोगी उसे पीता है। सोडा वाटर आदि घोलक पानीमें वही हवा दबाव डालकर घुला दी

गयी है जो सांससे या कोयला आदि जलानेसे भी निकलती है।

गो०--अच्छा ! यही बात है कि ग्यालनेपर बड़े घेगने हवा निकलने लगती है। थोतल तो ठंडी रहती है, पर घेगने में उबलती मालूम होती है।

गु०--यह उबलती नहीं है बल्कि दर्या हुई हवा निकलने लगती है।

अभ्यास

१—घुमी हुई मंदीमें पानी कैसे साफ़ कर सकते हैं ? वह कौन सा पुलित मंदी है जो भपकेसे भी चिलकुल दूर नहीं होती ?

२—घोल, घोलक, घुलनशील और पुलित शब्दोंकी व्याख्या करो और उदाहरण दो।

३—आपसेर तिरकेमें छटांक भर पानी मिलाया। इनमें घोलन कौन और पुलित कौन है ?

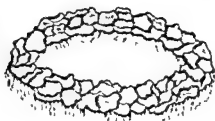
४—दूध घोल है या नहीं ?

५—दूधमें गैसके घुलनेका उदाहरण दो।

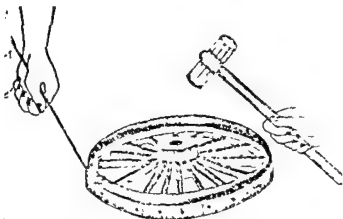
१४—गरमीका प्रभाव

प्यारे०--गुरुजी, फल शामको मैं गाड़ीवानके साथ साथ लोहारकी दुकानपर गया था। पहियेपर हाल चढ़ायी थी। हाल पहियेसे कुछ छोटी थी। येां नहीं चढ़ती थी। लोहारने हालके चारों ओर कांडेकी आंच कर दी, जब यह लाल हो गयी तो ठीक पहियेके बराबर हो गयी और उसने हथौड़ेसे ठोककर चढ़ा दी। मैंने समझा था कि जब इतनी बड़ गुरी तो उसके उतर जानेमें कोई कठिनाई न होगी। पर उसने

तुरन्त पानीसे ठंडा
कर दिया । यह
इतनी ठस धँड
गयी कि किसी
तरहपर नहीं उत-
रती । [देखो चित्र नं०
१८ और १९]



चित्र नं० १८



चित्र नं० १९

गुरु—गरमीसे लोहा फैल गया था । पानीसे ठंडा करनेमें
गहलेकी तरह फिर छोटा हो गया, मिकुड़ गया । इस तरह
गहियेको उमने चारों ओरमें ऐसा मज़बूत धाम लिया कि
निकल नहीं सकती ।

प्यारे—तो गरमीसे क्या लोहा फैल जाता है ?

गु०—हां। लोहा बना, ठोस द्रव गैस सभी पदार्थ गरमीमें फैल जाते हैं।

मा०—आपने तो बताया था कि गरमी पाकर ठोसमें द्रव और द्रवमें गैस बन जाती है।

गु०—तो ठोसमें द्रव और द्रवमें गैस बनना भी तो फैला ही है। लोहेको उमने उतनी ही आंच दी कि लोहा जरा फैल जाय। न तो गलाकर द्रव करना उमका मतलब था और न उतनी ही आंचमें लोहा गल सकता है।

मा०—गुरुजी, लकड़ीका हाल तो बिलकुल उलटा मानू होता है।

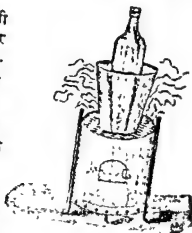
गु०—क्यों ?

मा०—लकड़ी गरमीमें सिकुड़ जाती है और सरदोमें फैल जाती है। अक्सर देखा गया है कि लकड़ोंके फैल जानेमें बरसातमें फियाड़की कुंडी नहीं चढ़ती।

गु०—बरसातमें नमी पाकर लकड़ी फूलकर फैल जाती है और गरमीमें सूखकर अकड़ जाती है। लकड़ीका यह सिकुड़ना फैलना पानीके कारण है, सरदो गरमीके कारण नहीं है।

श्याम०—क्या गरमी पाकर पानी भी फैलता है?

गु०—इसकी जांच की



चित्र नं० २०

ना सकती है। अंगीठीपर हम एक पीतलके गिलासमें पानी गलाते हैं और [दिखाकर] उसमें इस पतली लम्बी शीशीको पानीसे गलेके नीचे तक धीरेसे भरकर रख देते हैं। बराबर ग्यते रहे कि पानी किस तरह फैलता है। [देखो चित्र नं० २०]

सो०—आपने शीशीको गिलासमें क्यों रक्खा ? आगपर तो न रख दिया ?

गु०—तुमने अच्छा प्रश्न किया। जबतक गिलासका पानी ठले और शीशीके गलेमें चढ़े तबतक हम इस प्रश्नपर चार करेंगे। देखो, यह बांसकी कमची हम एक ओर लाते हैं, दूसरी ओर गरमी तनिक भी नहीं पहुँचती। यह १, चोमटे के एक मिरे को आंचमें रखते हैं (दिखाकर)। तनी ही देरमें दूसरा मिरा भी गरम हो चला। (गड़कोंका लाकर) अब तुम्हें दो तरहकी चीजें मालूम हुईं, एक तो वे जिनमें गरमी झटपट फैल जाती है, दूसरी वे जिनमें गरमी ही फैलती। या देरमें फैलती है। कांचमें भी गरमी देरमें फैलती है। इस शीशीका भी यही हाल है।

रयाम०—तो शीशीमें जल्दी आंच देनेका तो आगपर ही खना ठीक था।

गु०—पर गरमीके प्रभावपर भी तो विचार करो। अभी हम समझ चुके हो कि गरमीसे चीजें फैल जाती हैं। जतनी आंच तेज़ होगी उतनी ही चीजें फैलेंगी। मान लो कि शीशी आगपर रखी गयी। अब जो भाग तेज़ आंचके पास रहेगा झट फैल चलेगा। मगर कांचमें गरमी देरमें फैलती है, इसलिए और भाग नहीं फैलेंगे। कुछ फैलने और याक़ी न फैलनेसे शीशी आंचके पाससे चटख़ जायगी। पानीमें रखनेसे

एक तो चारों ओर बराबर गरमी पहुँचेगी, दूसरे गीलने पर पानीमें भी इतनी तेज़ आँच नहीं होती जितनी इस अंगीठीमें है।

माधन—गुरुजी, देखिए शीशीके गलेमें पानी धीरे धीरे चढ़ रहा है।

गु०—हां और गिलासका पानी गीला भी नहीं है। देखते रहो, अभी और चढ़ेगा।

प्यार०—गुरुजी, पारा तो बड़ी जल्दी चढ़ता है। मेरे माताको ज्वरमें सरसाम हो गया था। शहरसे एक अंग्रेज़ डाक्टर आया। उसने अपनी जेबसे एक शीशिका कुलम निकाला उसके एक सिरेपर पारा भरा था। पारेके पाससे दूसरेसिरेतक बालकी तरह धीरे धीरे नली थी और बराबरके निशान बने हुए थे। इसे वह थर्मामीटर या तापमापक कहता था। पहले तो पारा एक सिरेपर था। तापमापकको माताजीकी घुलने लगाकर थोड़ी देरमें निकाला तो उसमें पारा १०५ अंश चढ़ गया था।

गु०—हां ठीक है। पारा भी चढ़ता है। ताप मापकमें जो निशान हैं उनके बराबर पारेके चढ़नेसे गरमी नापी जाती है। [शीशीको दिखाकर] हां, अब देखो, पानी कैसा चढ़ गया है!

रयाम०—जी हां, आध इंचके लगभग चढ़ गया।

गु०—अच्छा, अब इसे उतारकर ठंडा होने देते हैं। देखें पानी कितना उतरता है।

इतना कह गुरुजीने चिमटेसे शीशी समेत गिलास उतार लिया और शीशी निकालकर ठंडी होनेको रख दी।

मे०—गुरुजी, गरमीसे हवा भी फैलती है, इसकी जाँच कैसे की जाय ?

गु०—यह तो कोई कठिन बात नहीं है। देखो, गरमी कम होनेसे शीशीके गलेसे पानी उतर रहा है। जब ठंडी हो जायगी, तभी पहली जगहपर उतर आएगा, तब इसीमें हवाके चलनेकी भी जांच करेंगे।

प्यार०—गुरुजी, जैसे गरमीसे चीज़ें फैलती हैं। उसी तरह सब चीज़ें क्या सरदीसे सिकुड़ती भी हैं?

गु०—हां, सिकुड़ती भी हैं। पर गरमी सरदी दो चीज़ें ही हैं। जिन चीज़ोंको हम अपने शरीरसे ज्यादा गरम पाते हैं; उन्हें गरम कहते हैं; और जिन्हें हम शरीरसे कम गरम पाते हैं, ठंडी कहते हैं। मुराहीका पानी ठंडा होता है पर गलेके पानीसे गरम टहरेगा। इस तरह जिसे हम 'सरदी' कहते हैं वह केवल "कम गरमी" है। गरमी कम हुई तो चीज़ें सिकुड़ी और ज्यादा हुई तो फैल गयी।

अब शीशीमें पानी अपनी जगहपर उतर आया है। [उसे पानीमें गंभीर करके] बताओ अब इसमें क्या है?

गोपाल—अब इसमें कुछ नहीं है।

रघु०—नहीं, इसमें हवा है।

गु०—ठीक है, इसमें हवा भरी हुई है।
तो, []
पानीमें



हैं, तो हवा बुलबुलेके रूपमें निकलती है। अगर नीचे मुँह करके सीधा डुबोएं [काँचके गिलासमें डुबोकर] तो शीशोंमें पानी नहीं भरता। मुँह डुबोते हैं तो भक भक हवा निकलती जाती है, पानी भरता जाता है।

गुरुजीने शीशीसे पानी अच्छी तरह गिराकर उसे बाहरसे खूब पोंछकर सुखा लिया; एक काँचके गिलासमें मुँहके बल रक्खा और गिलासमें पानी भर दिया। एक लकड़ीके सहारे शीशीको ज़रा दूरसे दबा रक्खा। एक दूसरी लकड़ी मिट्टीके तेलमें भिगोकर जलायी और उसकी लौको शीशीके चारों ओर घरावर फेरा। जब लकड़ी



चित्र नं० २२

५—क्या सब चीज़ोंमें गरमी एक ही चीज़में फैलती है? उदाहरण दो। मामूली शीशे आगपर रखनेमें क्यों चटप्र जाती है?

६—जकड़ी गरमीमें घटती और बरसातमें बढ़ती क्यों है?

१५—शक्ति

माहन—गुरुजी, आपने कल जो प्रयोग दिखाये उनसे यह मालूम हुआ कि गरमीसे सब चीज़ें फैलती हैं। और आपने पदार्थोंकी अवस्था जब बताया तब यह दिखाया था कि गरमी पाकर ठोससे द्रव और द्रवसे गैस बन जाती है और वह भी एक तरहका फैलना ही है। तो गरमीका प्रभाव यही हुआ कि वह फैलाती है।

गुरु—ठीक है। अब तुम समझ सकते हो कि गरमी सभी पदार्थोंको फैला सकती है। उससे काम लिया जा सकता है। लोहारने जब पहियेपर हाल चढ़ाना चाहें तो हालको फैलानेका काम गरमीसे लिया। पानीके छूटे देकर गरमी कम की तो इस दममेंसे सिकुड़ानेका काम लिया। आंचपर पत्तीलीमें पानी खोलता हो उसपर कटोरी रखो तो भापके बलसे कटोरी हिलती रहती है। यह भाप आंचसे ही बनती है। तो, येां समझना चाहिए कि गरमीके ही बलमें कटोरी हिल रही है। तुम जानते हो कि रेलका अंजन भापके बलसे चलता है और भाप पैदा करनेको मनों कोयला जलाते हैं। अब तुम समझ गये कि असलमें गरमीके ही बलसे रेल चलती है। गरमीमें जो फैलानेका गुण है उससे एक जगहसे दूसरी जगह तक हटानेका काम लिया जाता है।

स्वाम०—गुरुजी, मैंने सुना है कि अंजनसे आटेकी चप्पी भी चलायी जाती है।

गु०—हां गरमीसे हज़ारों तरहके काम लिये जाते हैं। खाना पकाना, आटा पीसना, घान कूटना, किताबें छापना, सूत काटना, कपड़े धुनना, औज़ार बनाना, सब काम गरमीकी शक्तिसे होते हैं। पिछली जांचमें हवाके सिकुड़नेसे चढ़ा हुआ पानी जो फिर हटकर गिलासमें लीट जाता है, यह भी गरमीका ही काम है; गरमीमें शक्ति है।

सा०—‘शक्ति’ किससे कहते हैं ?

गु०—शक्ति उसे कहते हैं जो ब्बिर पदार्थोंमें गति उत्पन्न करे अथवा गतिधान पदार्थोंकी गतिको रोके। पदार्थोंको एक जगहसे दूसरी जगह हटानेकेलिए और चलते हुए पदार्थोंको रोकनेकेलिए शक्ति लगानी पड़ती है।

सा०—इस तरह हम हाथसे एक चीज़ दूसरी जगह जो हटा सकते हैं यह हाथकी शक्ति हुई।

गु०—पर हम केवल हाथमें ही यह शक्ति नहीं रखते। हमारे शरीरभरमें हिलाने डुलानेवाली रगें हैं। इन रगोंसे यदन भरमें हिलाने डुलानेकी शक्ति फैली हुई है। यह शारीरिक शक्ति है। जिस अंगमें सुन्नरीग हो जाता है, यह हिल डोल नहीं सकता।

स्वाम०—गुरुजी, घड़ोंमें भी तो हुई चला करती है उसमें कौन सी शक्ति है ?

गु०—घड़ोंमें कमानों लगीं होती हैं। किसी कमानोंको मुकाबो तो यह सीधी होनेके यज़में लगीं रहेगीं। बांसकी किसी कमचीको मुकाबर दोनों तिरोंको मज़बूत रस्सोंसे बांधो तो रस्सी खिंची रहेगी। इसे धनुष या कमान कहते

हैं। जिस बलसे रस्सी खिंची हुई है, वह कमानी की शक्ति है। घड़ीमें जो कमानी लगी हुई है उसमें भी ऐसी ही शक्ति है। चाबीसे जब कमानी कम दी जाती है, घड़ी चलने लगती है।

मो०—गुरुजी, जो चाबी फस देता है वह अपने शरीर की शक्ति भी तो लगाता है। तो घड़ी मानी उसके शरीर की शक्तिसे चलती है।

गु०—ठीक है, जितने काम होते हैं मयमें पहले वह कोई शक्ति अवश्य लगती है। देखो, हमारे शरीरमें भी शक्ति कहींसे आती है। ग्वाना खानेसे गरमी और शक्ति होती है। ग्वाना न खाये तो दुबले और कमजोर हो जा-
'शक्तिहीन' हो जाय'।

मो०—गुरुजी, आपने बतलाया कि शक्तिसे कोई पदार्थ अपनी जगहसे हट जाता है। मगर हिलती हुई चीज़को ज हम हिलानेसे रोकते हैं तब भी शक्ति लगाते हैं।

गु०—हाँ, मगर कोई चीज़ हिलती है तो वह किसे शक्तिसे ही चलती है और किसी खास तरफ़को चलती है। जब हम उसे रोकना चाहते हैं तो उलटी तरफ़को शक्ति लगाते हैं। फल यह होता है कि दोनों शक्तियाँ एक दूसरेको रोक देती हैं और चलना रुक जाता है। अगर किसी पदार्थको हटानेमें लगायी जाती तो हटा भी सकती है।

मो०—शक्तिकी सभी बातें बड़े कामकी मालूम होती हैं। गुरुजी, आप फलोंकी बात भी बतलाइए।

गु०—जो बातें हमने तुम्हें बतलाई हैं वह तो बिलकुल थोड़ी हैं। शक्तिकी सारी बातें जाननेकेलिए यंत्र-विज्ञान

भौतिक और रसायन विज्ञानके प्राथमिक सिद्धांतोंका इसमें समावेश है क्योंकि यह दोनों विज्ञानकी साधारण शाखाएं हैं।

इस पुस्तककेलिए सारे चित्र जिनकी संख्या ६२ है, म्योर कालेंजके थी वावू भगवतीप्रसाद माधुर जी. एस.सी. ने बड़े परिश्रमसे तैयार किये जिसके लिए वह परिपदके धन्यवादाह हैं।

अगले संस्करणोंमें सुधारकेलिए शिक्षक महोदयोंसे प्रार्थना है कि अपनी सम्मतिसे हमें लाभ पहुंचावें। हम उनकी सम्मतियोंको वृत्तवृत्तापूर्वक सार्थक करनेका पूरा उद्योग करेंगे।

ज्येष्ठ पूर्णिमा १६३४

गङ्गानाथ भा

शुद्धिपत्र

पृष्ठ	पंक्ति	अशुद्ध
२८	८	वर्ष
४५	८	एक एक एक
५७	५	नलिकाका
६४	१३	सेंटीमीटर
७०	४	बेलनका
७४	४	३
८०	४	४
८१	२४	भा
८६	२४	किलोमीटर
१०६	५	वही
१०७	२४	७५
११६	१६	रहे
११७	२०	१
११८	१२	१
१२३	११	१
१२५	४	ग्राम
१५२	२२	लंगर. भार
१५५	५	म
१५५	६	तापमापाक
१८६	२०	११
१९०	१२	पदार्थके
२०६	२६	गन्धक
		कुप्पी
		वायुमध्य

गुच्छ	विषय
१	कन्नाई बापनेकी वि
१	मिठक और मेदि
१	मिठक मानका
१	कन्नासापे दध
१	दूरी बापनेकी
१	बापने समय
१	१० १-दिमी
१	औमन नि
१	१० २-ज
१	कन्नासापे
१	१० १-२
१	१० ४
१	१० ५
१	१० ६
१	१० ७
१	१० ८
१	१० ९
१	१० १०
१	१० ११
१	१० १२
१	१० १३
१	१० १४
१	१० १५
१	१० १६
१	१० १७
१	१० १८
१	१० १९
१	१० २०
१	१० २१
१	१० २२
१	१० २३
१	१० २४
१	१० २५
१	१० २६
१	१० २७
१	१० २८
१	१० २९
१	१० ३०
१	१० ३१
१	१० ३२
१	१० ३३
१	१० ३४
१	१० ३५
१	१० ३६
१	१० ३७
१	१० ३८
१	१० ३९
१	१० ४०
१	१० ४१
१	१० ४२
१	१० ४३
१	१० ४४
१	१० ४५
१	१० ४६
१	१० ४७
१	१० ४८
१	१० ४९
१	१० ५०
१	१० ५१
१	१० ५२
१	१० ५३
१	१० ५४
१	१० ५५
१	१० ५६
१	१० ५७
१	१० ५८
१	१० ५९
१	१० ६०
१	१० ६१
१	१० ६२
१	१० ६३
१	१० ६४
१	१० ६५
१	१० ६६
१	१० ६७
१	१० ६८
१	१० ६९
१	१० ७०
१	१० ७१
१	१० ७२
१	१० ७३
१	१० ७४
१	१० ७५
१	१० ७६
१	१० ७७
१	१० ७८
१	१० ७९
१	१० ८०
१	१० ८१
१	१० ८२
१	१० ८३
१	१० ८४
१	१० ८५
१	१० ८६
१	१० ८७
१	१० ८८
१	१० ८९
१	१० ९०
१	१० ९१
१	१० ९२
१	१० ९३
१	१० ९४
१	१० ९५
१	१० ९६
१	१० ९७
१	१० ९८
१	१० ९९
१	१० १००

विषय सूची

विषय

प्र० ६—वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल (प्रानेदार कागज द्वारा)	...	३
ब्रिटिश और मेट्रिक इकाइया	...	३
अभ्यासार्थ प्रश्न ४	...	३
आयत क्षेत्रका क्षेत्रफल	...	३
प्र० ७—	(प्रानेदार कागज द्वारा)	३
अभ्यासार्थ प्रश्न ५	...	३
त्रिभुजका क्षेत्रफल	...	३
प्र० ८—	(प्रानेदार कागज द्वारा)	३
अभ्यासार्थ प्रश्न ६	...	३
वक्रक्षेत्रका क्षेत्रफल	...	३
प्र० ९—क्षेत्रफलकी ब्रिटिश और मेट्रिक इकाइयोंका सम्बन्ध	...	३
प्र० १०—वृत्तका क्षेत्रफल निकालना	...	३
अभ्यासार्थ प्रश्न ७	...	३
तौलकर क्षेत्रफल निकालना	...	३
प्र० ११—तौलकर वृत्तका क्षेत्रफल निकालना	...	३
अभ्यासार्थ प्रयोग	...	३

३-ठोसका आयतन

घनफलके मेट्रिक और ब्रिटिश मान	...	४०
आयताकार ठोसका घनफल	...	४०
ब्रिटिश और मेट्रिक इकाइयोंका सम्बन्ध	...	४०
अभ्यासार्थ प्रश्न ८	...	४०

४-द्रव पदार्थोंका आयतन

नपना घट, म्यूरेट	...	४१
म्यूरेटसे नापनेकी रीति	...	४१
नलिका या पिपेट प्रयोग करनेकी रीति	...	४१
नपनी कुप्पी	...	४१

विषय

भारकी नाप	...	...	...	...
तुला	...	...	...	...
प्र० २७—तुलाके अगोंकी जांच	...	...	...	...
तोलनेके बांट	...	...	...	...
तोलनेकी विधि	...	...	...	...
प्र० २८—औंस और ग्रामका सम्बन्ध निकालना	...	...	...	...
प्र० २९—एक घन सेंटीमीटर पानीकी तोल	...	...	...	...
कमानादार तुला	...	...	...	...
अभ्यासार्थ प्रश्न १२	...	...	...	...

७-घनत्व

परिभाषा	...	...	...	...
अभ्यासार्थ प्रश्न १३	...	...	...	...
द्रवका घनत्व नापना	...	...	...	...
घनत्वसे आयतन निकालना	...	...	...	...
अभ्यासार्थ प्रश्न १४	...	...	...	...

८-आपेक्षिक घनत्व

परिभाषा	...	...	...	...
दूसरी परिभाषा	...	...	...	...
आपेक्षिक घनत्व नापनेकी शीशी	...	...	...	...
प्र० ३०—स्पिरिटका आ० घ० निकालना	...	...	...	...
प्र० ३१—घालूका आ० घ० निकालना	...	...	...	...
प्र० ३२—तुतियेका आ० घ० निकालना	...	...	...	...
अभ्यासार्थ प्रश्न १५	...	...	...	...

९-अर्कमीदिसका सिद्धान्त

व्याख्यान	...	...	...	...
प्र० ३३—तेरती हुई वस्तुके भार और हटे हुए पानीका सम्बन्ध	...	...	...	...

विषय

पृष्ठ

० ३४—दूधनेवाली वामुपर पानीकी दृष्टाव	...	११०
कैमीदितका सिद्धांत	..	११०
।।। और दूधके घनत्व तथा आ० घ० ज्ञानका		११३
अप्यारार्थ प्रश्न १६	.	११६
अप्यारार्थ प्रयोग ...	..	११८
रमेवाली वामुका आ० घ० ...	...	११८

१०—पदार्थोंपर तापका प्रभाव

दार्थकी तीन अवस्थाएँ		१२०
तेमोंपर तापका प्रभाव	.	१२१
० ३४—धामुके दृष्टके बदलेकी जाँच		१२३
।० ३६—धामुके गोलेके बदलेकी जाँच		१२४
वोंपर तापका प्रभाव	.	१२४
।० ३७—गरमीसे पानीके फैलनेकी जाँच		१२४
विषय पदार्थोंपर तापका प्रभाव		१२६
।० ३८—गरमीसे विषय पदार्थोंके बदलेकी जाँच		१२६
।० ३९—पानीमें गरमी पहुँचानेसे तेल बरतिका बदलना ई १		१२८
।।। और तापक्रम		१२८
।० ४०—अपरोन्द्रितमें तापक्रमके जाँचनेमें धोला		१३०
तापमापक:		१३१
।० ४१—तापमापक बनानेकी विद्या		१३१
गवा धरनेकी विद्या		१३३
० ४४—द्वलाना और अधलाने के चिह्न कौनसे बनाने ई १		१३४
० ४३—द्वेयके तापक्रम ज्ञानका		१३६
।० ४४—कौनसे बर्तनमें पानी अच्छी गरम तथा ठंडा होना ई १		१३०
।० ४४—पील बर दबानेसे बनाने ई १		१३८
।० ४६—कौनसे बर दबानेसे तापक्रम बढ़ी तथा घटता ई १		१३८
।० ४७—द्वलानेकी शुद्धताकी जाँच		१३८
अप्यारार्थ प्रश्न १०	..	१३९

११-भिन्न भिन्न तापमापकोंकी तुलना :

विषय

शतांश और फ़ार्नहाइट तापमापक ...	...	...
अभ्यासार्थ प्रश्न १८ ...	...	...
फ़ार्नहाइट और शतांश तापक्रमोंका घात ...	...	...
गणना करके घात खींचना ..	...	...
प्र० ४८-उपर्युक्त तापक्रमोंका घात ...	...	...
अभ्यासार्थ प्रयोग ...	...	...
पैरामीन मोमका द्रवणांक निकालना ...	...	...
नफ़थलीनका द्रवणांक निकालना ...	...	...
गंधकका द्रवणांक निकालना ...	...	...
द्रवणांक निकालनेकी दूसरी विधि ...	...	...

१२-तापका फैलना

तापपरिचालन, तापपरिवाहन, तापविकिरण .	...	...
तापपरिचालन ...	...	...
प्र० ५०-तावा, पीतल और लोहेके परिचालकत्वकी तुलना ...	...	...
प्र० ५१-दो धातुके छड़ोंके परिचालकत्वकी तुलना ...	...	...
पीतल और लकड़ीके परिचालकत्वकी तुलना ...	...	...
प्र० ५२-द्रवोंका परिचालकत्व ...	...	...
तापपरिवाहन (द्रवके द्वारा ) ..	...	...
हवामें तापपरिवाहन ...	...	...
मकानको हवादार बनाना ...	...	...
तापविकिरण ...	...	...

१३-रसायनविद्या

भिन्नता और समानतासे लाभ ...	...	...
पदार्थोंके साधारण गुण ...	...	...

विषय सूची

३१

विषय	पृष्ठ
अर्थको स्थापन का	१६७
४४—पारम्परिक कटोरीताकी सुचना	१६८
द्वितीय-वर्गका एक विद्यालयकी स्ति	१७७
स्वास्थ्य प्रथ १६	१७८
नवशाला	१७९
४६—पानी पानीमें घुले पदार्थकी पात्र	१८६
न कटोरीमें पानी सुखाता	१८७
कामे एक कटोरीका काम लेना	१८८
सुख पानी सुखाता	१८९
४७—घोलन और घोलने घोलनकी सुचना	१९०
लनेकी विधि	१९०
४८—पदार्थकी घुलनशीलता परीक्षा	१९१
नीमें घोलन और घोलने घुलने है	१९१
गले घोलन लायका प्रभाव	१९२
एक मूल्य घोलने के दा करके दा दा होता है १	१९३
दा जमानेकी दुर्गा स्ति	१९४
स्थानका दा घनाता	१९५
दा दा दा	१९६
विधि	१९७
४९—घोलन और घोलनका विधि	१९८
५०—घोलने घोलने स्ति स्ति स्ति स्ति स्ति	१९९
५१—घोलन और घोलने स्ति स्ति स्ति स्ति	२००
५२—घोलन और घोलने स्ति स्ति स्ति स्ति	२०१
५३—घोलन और घोलने स्ति स्ति स्ति स्ति	२०२
५४—घोलन और घोलने स्ति स्ति स्ति स्ति	२०३
५५—घोलन और घोलने स्ति स्ति स्ति स्ति	२०४
५६—घोलन और घोलने स्ति स्ति स्ति स्ति	२०५
५७—घोलन और घोलने स्ति स्ति स्ति स्ति	२०६
५८—घोलन और घोलने स्ति स्ति स्ति स्ति	२०७
५९—घोलन और घोलने स्ति स्ति स्ति स्ति	२०८
६०—घोलन और घोलने स्ति स्ति स्ति स्ति	२०९
६१—घोलन और घोलने स्ति स्ति स्ति स्ति	२१०

विषय

साधारण और रासायनिक परितेन
अभ्यासार्थ प्रश्न २०

...

... १५

...

... १६

१४-वायुमंडल या वातावरणका दबाव

वायु और वायुकी आवश्यकता

...

... १८

प्र० ६६ - वायुका भाग या गुणत्व

...

... १९

वायुमंडलका चाप या दबाव

...

... २०

प्र० ७० - वायुमंडलका दबाव एक स्थानमें चारों ओरमें समान

...

... २०

प्र० ७१ - पिचकारीमें पानी चढ़ना

...

... २०

प्र० ७२ - वायु निःसारक यन्त्रसे दबावका अनुभव करना

...

... २०

प्र० ७३ - गिलासके पानीको कागजसे धामना

...

... २०

वायुमंडलका दबाव नापनेका यन्त्र

...

... २०

टुरीसेलीय वायुशून्य

...

... २०

सरल वायु भार मान

...

... २०

घड़ीके रूपका वायु भार-मान

...

... २०

पहाड़ोंकी ऊँचाई नापना

...

... २०

अनाद-वायु-भार-मान

...

... २०

अभ्यासार्थ प्रश्न २१

...

... २१

अभ्यासार्थ प्रश्नोंके उत्तर

...

... २१

...

... २१

...

... २१

...

... २१

...

... २१

विज्ञान प्रवेशिका

भाग दूसरा

१ लम्बाई

वैज्ञानिक प्रयोगोंमें नापने जोखनेका काम बहुत पड़ता है इस लिए पहिले कुछ रीतियां ऐसी बतलानी चाहियं जिनसे यह प्रारम्भिक काम ठीक ठीक किये जा सकें। सबसे पहिला काम दूरी नापनेका है, जिसके लिए गज, गिरह, हाथ, शलिश, फोस इत्यादिसे काम लेते हैं। इस तरहकी नापोंको इकाई (unit) कहते हैं। दूरी या लम्बाई नापनेके काममें लाये जानेके कारण इनको लम्बाईकी इकाई (units of length) कहते हैं। इनका प्रयोग हिन्दुस्तानमें ही होता है। इसलिये यह "लम्बाईकी हिन्दुस्तानी इकाइयां" (Indian units of length) भी कहलाती हैं। आजकल गज, फूट, इंच, जरीय, मील नामकी इकाइयां भी लम्बाई नापनेके काममें आती हैं। इनको "लम्बाईकी अंग्रेजी इकाइयां" (British units of length) कहते हैं, क्योंकि ऐसी इकाइयां सारे ब्रिटिश राज्यमें जारी हैं। इसमें माप-प्रमाण (Standard unit of measurement) वह दूरी मानी गयी है जो एक मेट्रिकके इड़के दो चिन्होंके बीचमें है। इसी दूरीको गज (yard) कहते हैं। यह छड़ इस राज्यकी राजधानी लंदनमें (Standards Office) प्रमाण-गृहमें एक सन्दूकमें रखा हुआ है जिस-

का ताप सदैव एकसा रखा जाता है। इसका भेद आगे चलकर खुल जायगा।

गज़ तीन समान भागोंमें बांटा गया है, प्रत्येक भागको (foot) फुट कहते हैं। फुट बारह समान भागोंमें बांटा गया है, प्रत्येक भागको इंच कहते हैं। इन इकाइयोंका सम्बन्ध यों लिखा जाता है—

$$१ \text{ गज़} = ३ \text{ फुट}; १ \text{ फुट} = १२ \text{ इंच}; १७६० \text{ गज़} = १ \text{ मील}$$

मेट्रिक मान (Metric system)—ऊपर लिखी हुई ब्रिटिश इकाइयाँ वैज्ञानिक प्रयोगों और पुस्तकोंमें बहुत कम प्रचलित हैं। इनमें दूरी नापनेकी इकाइयाँ मीटर, सेंटीमीटर, मिलीमीटर इत्यादि अधिक काममें लायी जाती हैं। इनका माप-प्रमाण वह दूरी मानी गयी है जो प्लेटिनमके एक छड़के दो चिन्होंके बीचमें है। यह फ्रांसकी राजधानी पेरिसमें उसी सावधानीसे रखा रहता है जैसा गज़वाले माप-प्रमाणके विषयमें लिखा जा चुका है। इन दो चिन्होंके बीचकी दूरीमें मीटर कहते हैं। इसीलिए इन इकाइयोंको मेट्रिक इकाइयाँ (Metric units) कहते हैं। इनका चलन फ्रांस देशमें सर्वप्रधान होनेसे यह फ्रेंच इकाइयाँ (French units) भी कहलाती हैं। छोटी बड़ी इकाइयोंका सम्बन्ध एक दूसरेसे यह है—

$$१ \text{ मीटर (one metre or 1 m.)} = १० \text{ डेसीमीटर}$$

$$१ \text{ डेसीमीटर (one decimetre or 1 dm.)} = १० \text{ सेंटीमीटर}$$

$$१ \text{ सेंटीमीटर (one centimetre or 1 cm.)} = १० \text{ मिलीमीटर}$$

$$\text{मीटर (millimetre or mm.)}$$

$$१००० \text{ मीटर} = १ \text{ किलोमीटर (one kilometre)}$$

डेसी, मॅट्री और मिलीका अर्थ क्रमानुसार दसवाँ, सौ-वाँ और हजारवाँ भाग अथवा दशांश, शतांश, और सहस्रांश हैं। इन पदोंका अर्थ समझ लेनेपर इकाइयोंका सम्यन्ध याद रखनेमें कोई कठिनाई नहीं होगी।

इस चित्रसे म्रिटिश और मेट्रिक इकाइयोंका सम्यन्ध भली भाँति समझमें आ जाता है।

चित्र १

"इकाई" किसे कहते हैं?

• किसी वस्तुका परिमाण जाननेके लिए उसी वस्तुके थोड़ेसे अंशको लेकर यह देखते हैं कि ऐसे कितने मिलकर उस कुल परिमाणके बराबर होते हैं। इसी छोटे अंशको इकाई कहते हैं, क्योंकि इसको एक मानकर यह देखा जाता है कि कुल कितना है। इसलिए किसी वस्तुका परिमाण बतलानेकेलिए एक छोटे मान अर्थात् इकाई और उस संख्याको आवश्यकता पड़ती है जिससे प्रकट होता है कि इकाई कितनी बार उस परिमाणमें शामिल है। मानकी इकाई (unit of measurement) जितनी छोटी होगी परिमाण सूचित करनेवाली संख्या उतनी ही बड़ी होगी। मान लो किसी घड़ेमें ५० गिलास पानी भरा हुआ है जहाँ नापनेकी इकाई गिलास



है। यदि गिलाससे कोई बड़ी इकाई, जैसे लीटर इत्यादि, ली जाय तो परिमाण घटलानेवाली संख्या ५० नहीं होगी पर ५० से कम होगी। यह याद रखना चाहिए कि संख्या और इकाई दोनोंके लिखनेसे परिमाण जाना जा सकता है।

वैज्ञानिक संसारमें मेट्रिक-मानका प्रयोग क्यों अधिक होता है ?

यह कहा जा चुका है कि वैज्ञानिक खोजोंमें नापने जोखने का काम अधिक पड़ता है। इसलिए ऐसे कामोंमें गुणा भाग आदिका काम भी अचर्य पड़ता है। अनुभवसे देखा गया है कि बड़े बड़े गुणा भागमें जो समय नष्ट होता है, अधिक उपयोगी कामोंमें लगाया जा सकता है। इसलिए गुणा भागकी रीतियाँ सरल कर देनेकेलिए मेट्रिक मान बनाये गये और प्रयोग किये जाने लगे। हिस्सावमें (decimal fraction) दशमलव भिन्न जो तुम लोगोंको पढ़ाया जाता है उसका भी प्रयोग वैज्ञानिक कार्योंमें अधिकतर होता है। यह सरलता थोड़ेसे उदाहरणोंसे सिद्ध हो जायगी:—

उदाहरण १—८८ गज २ फुट ५ इंचके इंच बनाओ।

$$\begin{aligned} ८८ \text{ गज} &= ८८ \times ३ \times १२ \text{ इंच} = ३१६८ \text{ इंच} \\ २ \text{ फुट} &= २ \times १२ \text{ इंच} = २४ \text{ इंच} \\ ५ \text{ इंच} &= \dots = ५ \text{ इंच} \\ \therefore ८८ \text{ गज } २ \text{ फुट } ५ \text{ इंच} &= ३१९७ \text{ इंच} \end{aligned}$$

उदाहरण २—८८ मीटर २ सेंटीमीटर ५ मि० मी० के मिलीमीटर बनाओ।

$$\begin{aligned} ८८ \text{ मीटर} &= ८८ \times १०० \times १० \text{ मि० मी०} = ८८००० \text{ मि० मी०} \\ २ \text{ सें० मीटर} &= २ \times १० \text{ मि० मी०} = २० \text{ " } \\ ५ \text{ मि० मी०} &= \dots = ५ \text{ " } \\ \therefore ८८ \text{ मीटर } २ \text{ सें० मी० } ५ \text{ मि० मी०} &= ८८०२५ \text{ मि० मी०} \end{aligned}$$

जितनी जल्दी दूसरे उदाहरणका उत्तर निकालनेमें हो सकती है उतनी पहिलेका उत्तर निकालनेमें कदापि नहीं हो सकती। इसके अतिरिक्त दूसरा उदाहरण मानसिक गुणन (mental multiplication) से भी किया जा सकता है, परन्तु पहलेके साथ ऐसा करना कठिन है। मैट्रिक मानमें बड़ीसे छोटी अथवा छोटीसे बड़ी इकाइयोंमें बदलनेकेलिए १०, १००, १००० इत्यादिसे गुणा करना, या भाग देना होता है जो बड़ा सुगम है, और इनसे काम घेसा ही निकलता है जैसा ग्रिटिश मानोंसे। इसलिए सुविधाकेलिए और समय बचानेकेलिए मैट्रिक मान विज्ञानमें अधिक काममें लाया जाता है।

अभ्यासार्थ प्रश्न-१

१२—१ मीटर २ सेंटीमीटर ० सेंटीमीटर को मिलीमीटरों में लियो।

१३—३ सें० मी० ४ मि० मी०, एक मीटर का कौनसा दशमलव भिन्न है?

१४—१५.३ सें० मी० का मीटर बनाओ।

१५—७.८ मीटर लम्बे रेखायी काटने के भाग का नाम (१५) है तो काटे का भाग प्रति सेंटीमीटर क्या है?

१६—५ मि० मी० को ३ सें० मी० में घटाओ और उत्तर मीटरों में लियो।

१७—दो स्थान एक दूसरे से ५५.४३ किलोमीटर की दूरी पर हैं। इन दूरी मीटरों में कितनी होगी?

१८—५ किलोमीटर लम्बे तार में २५ सें० मी० लम्बी कितनी मुराई बनायी जा सकती है?

१९—६.६ मीटर लकड़ी के कुन्दे में १.५ मीटर लम्बे ४ टुकड़े काट दाले गये; यदि छुपे कुन्दे से ३ समान भागों में पाटने पर प्रत्येक भाग कितने सेंटीमीटर लम्बा निकलेगा?

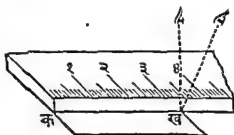
२०—ऊपर के सभी सवें प्रश्नवाली लकड़ी के यदि १० समान भाग में काटे और प्रत्येक चारों ओरने में २.५ मिलीमीटर लकड़ी बुरादे के रूप में व्यर्थ निकल जाय तो प्रत्येक भाग कितना लम्बा होगा?

दूरी नापनेकी रीतियाँ

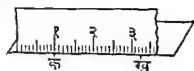
किसी वस्तुकी लम्बाई अर्थात् एक किनारेसे दूसरे किनारेकी दूरी नापनेके लिए लड़के बहुधा मीटर-रूलको इस प्रकार रखा करते हैं जैसा चित्र २ से प्रकट होता है। ऐसा करनेमें यह स्वयम् इस कठिनाईमें पड़ जाते हैं कि मीटर-रूलका कौनसा चिन्ह पढ़ना चाहिए, क्योंकि किनारे पर कभी एक चिन्ह देख पड़ता है और कभी उसके बगलवाला। इसका कारण यह है कि चिन्ह (लम्बाईका सिरा) और रूलके चिन्होंके बीच कुछ दूरी रूलके मोटे होनेके कारण अग्रस्थ रहती है, जिससे शुद्ध पढ़नेमें कठिनाई पड़ती है।

ऐसी अशुद्धताको लम्बनकी भूल वा अशुद्धता (error of parallax) कहते हैं। परन्तु यदि रूल चित्र ३ की भांति रखा जाय जिससे रूलके चिह्न और बिन्दु (रेखाके सिरे) बिल्कुल मिले रहें तो चाहे आंख ठीक ऊपर रहे चाहे इधर उधर, बिन्दु ठीक उसी चिह्नसे मिला हुआ दिखाई पड़ेगा जिसपर वह यथार्थ में है, इसलिए अशुद्धता किसी प्रकार नहीं हो सकती, और न यही सोचना पड़ता है कि कौनसा चिह्न पढ़ें। लम्बाई नापनेमें इस बातका ध्यान सदैव रखना चाहिए।

दूसरी बात स्मरण रखने योग्य यह है कि रूलका आरम्भवाला चिह्न (शून्य चिह्न zero point) कभी न प्रयोग करना चाहिए क्योंकि रूलके सिरे काम करते करते घिस जाते हैं और ठीक ठीक लम्बाई नहीं सूचित करते; इसलिए रेखाके सिरे पर कोई और चिह्न रखना चाहिए। (चित्र ३)।



चित्र २



चित्र ३

कभी कभी दूसरे निरेवाला बिन्दु रूलके किसी ठीक चिह्नपर न पड़कर दो चिह्नोंके बीचमें पड़ता है, जैसे चित्र ३

पर रगते हैं और जहाँ दूसरा सिरा पहुँचता है वहाँ नोकीली पेन्सिलमे एक चिह्न बना देते हैं। इस चिह्नपर मीटर-रूल-के पहले सिरको रख देनेमे दूसरा सिरा जहाँ पहुँचता है वहाँ फिर एक चिह्न बना देते हैं। इस तरह दूरीका दूसरा सिरा मीटर-रूलके किसी चिह्नपर पहुँच जाना है। जितनी बार चिह्न बनाना पड़ता है उतने ही पूरे मीटर और जिस चिह्नपर दूसरा सिन्दु पड़ता है उतने सें० मीटर और मिली-मीटर उन दोनों सिन्दुओंकी दूरी हुई। ऐसा करनेमें जो यशुद्धि मीटर-रूलके घिसनेके कारण हो सकती है वह अवश्य होती है, किन्तु यही दूरीके नापनेमें इस ज़रासी अशुद्धिका बहुत कम विचार किया जाता है।

सम्भव है कि एक बारके नापनेमें कोई भूल हो गयी हो, इसलिए दूसरी बार और तीसरी बार भी इसी प्रकार नाप लेना चाहिए। यदि किसी बारका उत्तर बहुत अधिक या बहुत कम हो तो उसे छोड़ देना चाहिए और एक बार फिर नापकर संदेह मिटा लेना चाहिए। कमसे कम तीन बारको नापको जोड़कर योगफलको तीनसे भाग देना चाहिए और भजनफलको उचित उत्तर समझना चाहिए। इस विधिको (average) औसत निकालना कहते हैं। औसत निकालनेका कारण यह है—प्रत्येक बारके नापनेमें लम्बाई एक ही नहीं आती, धरन् किसी बार दो एक मिली मीटर अधिक और किसी बार कम। ऐसी दशामें किसी एकको शुद्ध मान लेना अनुचित है, परन्तु यदि कुल नापोंकी औसत निकाल ली जाय, तो औसत नापको उचित उत्तर समझ लेनेमें कोई विशेष हानि नहीं होती। नापोंको इस प्रकार दर्ज करना चाहिए—मान लो, एक दूरीके नापनेमें यह संख्याएँ मिलीं—

विज्ञान प्रवेशिका

पहली नाप.....	२३३'४ सें० मी०
दूसरी नाप.....	२३३'५ "
तीसरी नाप.....	२३३'६ "
औसत नाप.....	२३३'५ सें० मीटर
∴ दूरी २३३'५ सें० मी० है।	

नोट—एक ही प्रकारकी इकाईमें लिखे हुए परिमाणों को जोड़कर जितने परिमाण हों वग सन्तुष्ट निकालनेके लिए उन परिमाणोंको जोड़कर जितने परिमाण हों वग सन्तुष्ट भाग देना चाहिए। भजनफल औसत परिमाण होगा।

नोट—औसत निकालनेमें भजनफलको उस दशमलव स्थानसे क्रि न ले जाना चाहिए जिस स्थानतक शुद्धतापूर्वक यथार्थमें नाप सकने हो उससे अधिक स्थानतक ले जानेमें कोई शुद्धता नहीं प्रकट हो सकती। हा लो ५'७४ सें० मी०, ५'७५ सें० मी०, और ५'७५ सें० मी० की औसत निकाल है; यथार्थमें इनकी औसत ५'७५ सें० मी० है, परन्तु वृत्तमें यह लिख भूल है क्योंकि कोई मनुष्य केवल मीटर—रूलके द्वारा दसवें मिलीमीटर भी कम दूरीको नहीं निकाल सकता। फिर औसतमें सौवें मिलीमीटर दिखलाना असम्भवको सम्भव बतलाना है, जो अनुचित है। इसलिए औस लम्बाई ५'७५ सें० मी० के स्थानमें ५'७६ सें० मी० लिखना चाहिए, क्योंकि ५'७५, ५'७६ के पास है और ५'७५ से दूर।

प्रयोग २—ब्रिटिश और मेट्रिक लम्बाईकी इकाइयोंका समान
निकालना।

(अ) मीटर—रूलमें एक ओर ब्रिटिश इकाइयों (इंच और दशांश इंचों) के चिह्न बने रहते हैं और दूसरी ओर मेट्रिक इकाइयों, सेंटी मीटर और मिली मीटरके चिह्न। देखो ब्रिटिश और मेट्रिक इकाइयोंके कौनसे चिह्न एक ही सीधमें पड़े हैं। इससे यह मालूम हो जायगा कि कितने इंच और दशांश इंच मिलकर कितने सेंटी-मीटर और मिली-मीटरके बराबर होते हैं। इसके बाद (unitary method) ऐकिक नियम ३

उदाहरण १—१ फुट ३ इंचों की लंबाई का कपड़ा काटो।
२ फुट ३ इंच $= 2 \times 12 + 3$ इंच

$$= 27 \text{ इंच}$$

$$1 \text{ इंच} = 2 \times 24 \text{ सें. मी.}$$

$$27 \text{ इंच} = 27 \times 2 \times 24 \text{ सें. मी.}$$

$$= 1296 \text{ सें. मी.}$$

$$= 1296 \text{ से. मी.}$$

$$= 1296 \text{ सें. मी.}$$

उदाहरण २—१ गज ३' ४" इंच के सें. मी. का कपड़ा काटो।
१ गज ३' ४" इंच $= 1 \times 3 \times 12 + 3 \times 4$ इंच

$$= 48 \text{ इंच}$$

$$1 \text{ इंच} = 2 \times 24 \text{ सें. मी.}$$

$$\therefore 48 \text{ इंच} = 48 \times 2 \times 24 \text{ सें. मी.}$$

$$= 2304 \text{ सें. मी.}$$

$$= 2304 \text{ सें. मी.}$$

उदाहरण ३—४' ४" से. मी. कितने इंच के बराबर होते हैं?
४' ४" से. मी. $= 4 \times 12 + 4$ इंच

$$= 52 \text{ इंच}$$

$$2 \times 24 \text{ सें. मी.} = 1 \text{ इंच}$$

$$\therefore 52 \text{ सें. मी.} = \frac{52}{2 \times 24} \text{ इंच}$$

$$= 1.0833 \text{ इंच}$$

$$= 1.0833 \text{ इंच (दशमलव के दूसरे स्थान तक शुद्ध)}$$

दूसरे उदाहरण में १००' ४३' १६" के स्थान में १००' ४३" लिखा था और ००' १६" को छोड़ दिया था, परन्तु तीसरे स्थान के तीसरे स्थान वाले ६ को छोड़ तो दिया किन्तु इलाज के स्थान वाले १ को बढ़ाकर २ कर दिया, यह क्यों?

इस प्रश्न का सम्बन्ध अंकगणित (arithmetic) से है।
३ लिए यह संदेह अंकगणित की किसी अच्छी पुस्तक में

पढ़नेसे दूर हो जायगा। यहां थोड़ेमें यतला दिया जाता है। दूसरे उदाहरणमें ४३१६ की जगह ४३०० अथवा ४३, दो दशमलव स्थानतक शुद्धता जाननेके लिए ठीक माना गया क्योंकि ४३१६, ४३०० के पास है और ४४०० से बहुत दूर। परन्तु तीसरे उदाहरणमें १७७१६ की जगह १७७२ अथवा १७७२० लिया गया क्योंकि यहां १७७२०, १७७१६ के पास है और १७७१० बहुत दूर। यदि १७७१६ की जगह १७७१५ होता तो इसके लिए १७७१० और १७७२० दोनों समान अन्तरपर ऊपर नीचे होते और दोनोंमें किसी एकका लेना नियमके अनुकूल होता, परन्तु तो भी १७७२ ही अधिक अच्छा समझा जाता है क्योंकि दशमलवके तीसरे या चौथे स्थानतक यदि नापना सम्भव हो तो १७७२ ही निकटतर होगा। इसलिए यह नियम बना लिया गया है, "जिस दशमलव स्थानतक उत्तर निकालना हो उसके एक स्थान आगेका अंक यदि ५ या ५ से अधिक हो तो उत्तरके अंत-वाले स्थानके अङ्कमें १ बढ़ा देना चाहिए अन्यथा नहीं"।

अभ्यासार्थ प्रश्न-२

१—५२ इंचों मिलीमीटरोंमें लिखो।

२—३७ सेंटीमीटरमें कितने फुट होते हैं? उत्तर तब दशमलवके स्थानतक शुद्ध हो।

३—इलाहाबादमें मिरजापुरकी दूरी ५६ मील है। यही दूरी किलो-मीटरोंमें कितनी होगी? उत्तर दो दशमलवके स्थानतक शुद्ध हो।

४—(क) एक मिलीमीटर १ इंचका, (ख) १ सेंटीमीटर १ फुटका और (ग) एक सें० मी० १ इंचका कौनसा भिन्न है?

५—एक दोवार २१ फुट लम्बी ११ फुट ऊँची और $1\frac{1}{2}$ फुट मोटी है।
-ता इसकी लम्बाई, चौड़ाई और मोटाई सेंटीमीटरोंमें क्या होगी?

विमान प्रवेशिका

६—एक टुकड़ा कागज ६.३ इंच लम्बा है। ३.५ सें० मी० लम्बे कि
टुकड़े काटे जा सकते हैं और कितना कागज बच रहेगा ? बनाने
मीटरों में लिखना चाहिए।

प्रयोग ३—किसी वक्र रेखा (Curved line) की लम्बाई निकालना।

मान लो क ख ग घ च छ, एक वक्र रेखा है जिसकी
लम्बाई नापना है। इस रेखाके 'क ख ग' अंशपर से
थोड़ी दूरपर बिन्दु रखे जाय तो यह स्पष्ट देख पड़ेगा
कि किसी दो बिन्दुओंके बीचकी रेखा सीधी है, यद्यपि
में यह सीधी नहीं है तथापि किसी दो बिन्दुओंके बीचकी
को सीधी रेखाकी लम्बाई और उन्हींके बीचवाले वक्र
रेखाके अंशकी लम्बाईमें इतना कम अन्तर है कि
अन्तर नहींके बराबर समझनेमें कोई हानि नहीं हो सकती।
इसी कारण वक्र रेखाकी लम्बाई नापनेके लिए उसके छोटे
छोटे अंशोंको सीधी रेखा मानकर नापते हैं और इन
छोटे छोटे अंशोंकी लम्बाइयोंको जोड़ देते हैं। योगफल
वक्र रेखाकी लम्बाई समझते हैं। छोटे अंशोंकी लम्बाई नापने
की रीति साधारणतः दो हैं—



(अ) (dividers) बनाने
सकी दोनो नोकोंको
अथवा ४ मिली-मीटरकी दूरी
पर कर लो। एक नोक
वक्र रेखाके एक सिरेपर रखो
दूसरी नोकको रेखापर रखो
और इसको उसी बिन्दु
स्थिर करके पहिली नोक
धुमाओ जिसमें यह रेखा

कर आ जाय। यही क्रिया उस समयतक करते जाओ
य तक रेखाके दूसरे सिरेपर न पहुँच जाओ। ऐसा करनेसे
तने भाग बन गये हों, उस संख्याको दोनों नोकोंकी
रीसे गुणा कर दो यही उस रेखाकी लम्बाई होगी। इस
विधिसे दोष यह है कि नोकोंसे कागज़में छोटे छोटे छिद्र हो
ते हैं जिससे कागज़ बिगड़ जाता है।

(आ) एक पतले डोरेको लेकर उसके एक सिरेकी कँची-
से गुब्बे सफ़ाईसे काट लो जिससे कोई रेखा उभरा न रहे।
डोरेके इस सिरेको घन रेखाके एक सिरेपर रख दो और
गोड़ी दूरतक डोरेको रेखाके ऊपर, (न बहुत कसा हुआ न
हुत ढीला,) ले जाओ और धीरे धीरे दाहिने हाथके अंगूठेके

अथवा जिस अंगुलीसे
जुभीता पड़े उसके)
इस डोरेको दबा दो।
फेर सावधानीसे बाएँ
हाथकी किसी अंगुलीके
बहुसे उसी स्थानपर
इबाकर दाहिने हाथसे
डोरेको आगे बढ़ाओ



चित्र ५

और उपर्युक्त क्रिया करते जाओ। जिस स्थानपर डोरा रेखाके
दूसरे सिरेतक पहुँच जाय वहाँ एक चिह्न बना दो और सिरेसे
इस चिह्नतककी डोरेकी लम्बाई मीटररूलसे नाप लो। डोरे-
की नापते समय भी बहुत कसकर खींचना या ढीला रखना
उचित नहीं है। इसी प्रकार उस रेखाको कमसे कम तीन
बार नापो और सब नापोंकी औसत निकालो।

१) नापोंके लिखने और औसत निकालनेकेलिए जैसा पहिली बार

डोरा धक्का रेखासे छोटा हो तो दूसरे सिरेको भी कैंनों से साफ़ काट लो और यह सिरा धक्करेखाके जिस बिन्दु पर पहुँचे वहाँ एक चिह्न बना दो। इस चिह्नसे आरम्भ करके उसी डोरेसे फिर नापो। जब रेखाका दूसरा सिरा पहुँच जाय डोरेपर चिह्न बना दो। एक धार पूरे डोरेको नापलें, फिर उस चिह्नतक नापो। इन दोनों नापोंका योगफल वह रेखाकी लम्बाई होगी।

प्रयोग ४—किसी (circle) वृत्तकी परिधि (circumference) की लम्बाई नापना और इस लम्बाईको वसी वृत्तके (diameter) व्यास की लम्बाईसे भाग देकर यह देखना कि परिधि व्यासमें कितने गुना लम्बी होती है।

परिधि एक ऐसी गोल रेखा है जिसके कोई सिरा नहीं होते। इसलिए जहाँसे नापना आरम्भ करो वहाँ एक चिह्न बना दो और ऊपर बताया हुई विधिसे नापते जाओ। जब इसी चिह्नपर फिर पहुँचो, डोरेमें चिह्न लगा दो और इसी लम्बाई नापलो। व्यासको नापनेकेलिए मीटर-रूलको ऐसा रखो कि वह (centre) केन्द्रसे होता हुआ परिधिपर पड़े। मीटर-रूलके जो चिह्न परिधिपर हों उनके बीचकी दूरी निकाल लो। इसी प्रकार ४, ५ असमान वृत्त खींचकर प्रत्येक की परिधि और व्यास नापो और परिकी लम्बाईको उसी के व्यासकी लम्बाईसे भाग दो। उत्तरोंको इस प्रकार लिखो:—

बतलाया जा चुका है, वैसा ही सदैव करना चाहिए। बार बार उसी रीतिसे बतलाना आवश्यक नहीं है।

वृत्त	परिधिकी लम्बाई	व्यासकी लम्बाई	परिधि व्यास
(१)	.....सं० मी०	.....सं० मी०	... ..
(२)	..... "	..... "	.....
(३)	..... "	..... "	.....
(४)	... .. "	... .. "	... ..

ध्यासत

कहीं भूल और असावधानी न हुई होगी तो चौथे गुाने-
ता प्रत्येक उत्तर ३.१४ होगा। अर्थात् किसी वृत्तकी परिधि
इसीके व्यासका ३.१४ गुना होती है। इस सम्बन्धको "π"
चेहने प्रकट करते हैं और इसको 'पाई' कहते हैं।

बीजगणितके संकेतोंमें यदि किसी वृत्तकी परिधिकी
'प' मानें और उसके व्यासको 'व' तो परिधि और व्यास के
सम्बन्धको इस प्रकार प्रकट कर सकते हैं—

$$\begin{aligned} \text{प} &= ३.१४ \text{ व, अथवा } \text{प} = \pi \text{ व} \\ &= \pi \times २ \text{ र} \\ &= २\pi \text{ र} \end{aligned}$$

(यहां र विज्या या अर्धव्यासको सूचित करता है।)

अब किसी सम्बन्धको संकेतों द्वारा सूचित किया जाता
है तब उस संकेतको उस सम्बन्धका (formula) गुरु
कहते हैं। इसलिए $\text{प} = \pi \text{ व}$ एक गुरु है जो किसी वृत्तकी
परिधि और उसके व्यासका सम्बन्ध सूचित करता है।

उदाहरण १—एक वृत्तकी परिधि १५.७ मी० दी तो इसका
व्यास कितना लम्बा है ?

विज्ञान प्रवेशिका

$$\begin{aligned} \therefore 12 \times 12 \text{ सें० मी०} &= 3 \times 12 \times 12 \\ \text{और } v &= \frac{12 \times 12}{3 \times 12} \text{ सें० मी०} \end{aligned}$$

$$= 3 \times 12 \text{ सें० मी०}$$

$$= 3 \times 12 \text{ सें० मी०}$$

उदाहरण २—एक गोल मैदानका अर्ध व्यास ४५ फुट है। इसके बीच लम्बाई बतलाओ।

घेरेकी लम्बाई उस गोल मैदानकी परिधि हुई।

$$P = 2 \pi r$$

$$= 2 \pi \times 45 \text{ फुट}$$

$$= 2 \times 3 \times 12 \times 45 \text{ फुट}$$

$$= 2 \times 12 \times 45 \text{ फुट}$$

इसलिए उस मैदानका घेरा $2 \times 12 \times 45$ फुट है।

$2 \times 12 \times 45$ फुटका वही अर्थ समझा जाता है जो $2 \times 12 \times 45$ फुट, नि

$2 \times 12 \times 45$ फुट न लिखकर $2 \times 12 \times 45$ क्यों लिखा गया ?

दोनोंका अर्थ एक ही है तथापि इनसे भिन्न उद्देश प्रकट होते हैं। $2 \times 12 \times 45$ लिखनेसे पढ़नेवाले यह समझेंगे कि नापनेवालेने फुटके दो दशक स्थान तक शुद्धता की है और $2 \times 12 \times 45$ लिखनेसे यह प्रकट होगा कि गुण का ध्यान फुटके केवल एक दशमलव स्थानतक रखा गया है।

उदाहरण ३—यदि एक लड़का दूसरे उदाहरण वाले मैदानके चारों ओर १० मिनट प्रति मीलके हिसाबसे दौड़े तो दो चक्कर लगानेमें कि समय लगेगा ?

उस मैदानका घेरा $2 \times 12 \times 45$ फुट है, इसलिए दो चक्कर लगानेमें जो को $2 \times 12 \times 45 \times 2$ फुट दौड़ना पड़ेगा। परन्तु 1060×3 फुट तैय

$$\therefore 2 \times 12 \times 45 \times 2 \text{ फुट दौड़नेमें } \frac{2 \times 12 \times 45 \times 2 \times 10 \text{ मिनट}}{1060 \times 3}$$

अर्थात् १ मि० ४२ सेकंड लगेगा।

अभ्यासार्थ प्रश्न-३

१—एक छतकी परिधि १५'७ इंच है तो उसके अर्धव्यासकी लम्बाई बताओ ।

२—एक छतका व्यास ६'७५ सें० मी० है तो उसकी परिधि कितनी लम्बी होगी ?

३—एक छतकी अर्ध परिधि ६'७ इंच है, इसके अर्धव्यासकी लम्बाई बताओ ।

४—एक गोले मैदानका घेरा ८२५ गज है । बीचों बीच एक दोरी तान कर उस मैदानका दो समान भागोंमें बाटना है । दोरीकी लम्बाई कमसे कम कितनी होनी चाहिए ?

५—चौथे प्रश्न वाले मैदानके बीचों बीच होकर एक मनुष्यको दूसरे किनारेपर जानेमें जितना समय लगता है उससे तीन मिनट अधिक मैदानके बगलसे घूमकर जाने में लगता है, तो उस मनुष्यकी चाल प्रति घंटा क्या है ?

६—एक बुँके जगतकी बाहरी और भीतरी परिधि क्रमसे १५'७ गज और ६'२८ गज है । तो जगत कितना चौड़ा है ?

७—एक पैसेका व्यास २५ मि० मी० है । एक मीटर लम्बी पत्ति (कतार) में कितने पैसे गूदे जा सकते हैं ?

८—एक बैसिकिलके पहियेका व्यास २५ इंच है । एक मील जानेमें पहियेके कितने पूरे चक्कर हो जायेंगे और एक चक्करका कौनसा भिन्न सह और घूम जायगा ?

९—एक गोल हौज़का व्यास जाननेके लिए क्या क्या करोगे ? इसका वर्णन भली भाँति करो ।

१०—एक घड़ीकी बड़ी सुईकी नेक केन्द्रमें १'७ सें० मी० की दूरीपर है, दिन रातमें यह नेक कितनी दूरी तै करती होगी ?

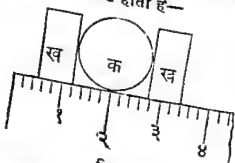
११—एक पत्थरके बेलन का अर्धव्यास २ फुट है, एक चक्कर करनेमें कितनी लम्बी भूमि समतल हो जायगी ?

विज्ञान प्रवेशिका

१२—एक घोड़ा एक रूंदसे बांधा गया है; जब रम्मीको खूब ताना चरता है तब रूंदसे १७ गजकी दूरी तककी घास चर पाता है। वनवाले वह घोड़ा कितनी गोन भूमिकी घास चर सकता है।

गोल वस्तुओंके नापनेकी रीतियाँ

अमोतक केवल रेखाओंके नापनेकी रीतियाँ बतलायी गयी हैं। परन्तु इन्हींमें नापनेका काम स्वतन्त्र नहीं हो जाता। बहुत से ऐसे ठोस पदार्थ हैं जिनके नापनेका काम बहुधा पट्टा करता है जैसे किसी बेलनकी (cylinder) मोटाई या किसी नलके छेदकी चौड़ाई या किसी गोलेकी ऊँचाई इत्यादि। बेलन और गोलेका व्यास मीटर-रूल और दो लकड़ीके सीरे टुकड़ोंसे बड़ी आसानीके साथ नापा जा सकता है जैसा चित्र ६ से प्रकट होता है—



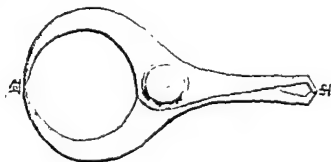
चित्र ६

इस चित्रमें मीटर-रूलके बराबर लम्बे 'क' बेलन समतल में रखकर ऐसा रखा गया है कि वह मीटर-रूलको स्पर्श करे हुए है, इससे

स्पर्श करते हुए दो लकड़ीके सीधे टुकड़े 'ख' ऐसे रखे हुए हैं कि उनके सिरे रूलके चिन्होंपर पहुँचते हैं। बेलनको स्पर्श करने वाले जो किनारे मीटर-रूलके चिन्होंपर पहुँचते हैं उन चिन्होंकी दूरी बेलनका व्यास है। यदि बेलनके स्थानमें गोला जाय तो इसी भाँति इसका व्यास भी नापा जा सकता है। परन्तु नलके छेदकी मोटाई ऊपरवाली विधिसे नहीं नापी जा सकती।

न-जा सकती। इसकेलिप एक विशेष यन्त्र काममें लाया जाना
 पड़े जिसका चित्र यह है—

५



विज्ञान प्रवेशिका

पहली नाप	...	...	...	...	सैं० मी०
दूसरी नाप	...	...	...	...	"
तीसरी नाप	...	...	...	...	"
चौथी नाप	...	...	...	...	"
औसत	...	...	...	...	सैं० मी०

कमसे कम ३ बार नापो ।

भीतरी व्यास नापनेके लिए कैलीपरको इस प्रकार घुमाओ कि दस्ते और मुंह दोनोंकी नोकें एक दूसरेपर होती हुई इधर उधर फैल जायँ । ऐसा करनेसे मुंहवाला अंश चित्र-



चित्र ८

की भांति दीख पड़ेगा । इसी प्रकार दस्तेवाला अंश भी हो जायगा । छेद हो तो दस्ते छोटे और बड़ा हो तो मुंहको छेदमें डालकर जो सावधानी बाहरी

व्यासके नापनेमें की जाती है वही इसमें भी करके, भीतरी व्यास ३.४ बार नापो और औसत निकालो ।

प्रयोग ५—बेलनकी परिधि नापना ।

(१) कैलीपरसे बेलनका व्यास नापकर उसको ३.१४ से गुणा कर दो, गुणनफल परिधिकी लम्बाई होगी ।

(२) बेलनके चारों ओर एक कागज़का टुकड़ा घेर लेंगे कि वह बेलनमें खूब लगा रहे, कहीं न तो लिपड़े और ढीला रहे । जहाँ कागज़की दो तह हो जायँ वहाँ एक मुँह

थवा आलपीन चुभो दो। चुभोनेसे कागज़पर दो जगह द हो जायंगे। इन छेदोंकी दूरी नाप लो यही परिधिकी लम्बाई होगी।

(३) बेलनपर एक सीधी रेखा हल्की पेन्सिलसे खींच लो। वह रेखा बेलनके आधारसे समकोण बनाएगी। एक डोरेके तरेको सूय साफ काटकर इसी रेखापर रखो और १२, १५ आदि लपेट जाओ। एक लपेटका डोरा दूसरे लपेटके डोरे-पर न होने पावे परन्तु सब एक दूसरेसे सटे रहें। जब उसी रेखापर डोरा पहुँच जाय तब उसपर या तो कोई चिह्न बना दो या उसी स्थान पर डोरेको काट दो। मीटर रूलसे लम्बाई नाप लो और जितनी बार लपेटा हो उससे भाग दे दो। भजनफल बेलनकी परिधिकी लम्बाई होगी।

इन तीनों रीतियोंसे परिधिकी लम्बाई नापो और देखो क्या अन्तर होता है।

अभ्यासार्थ प्रयोग

१—पैसेका व्यास सेंटीमीटरोंमें नापो।

२—उसी पैसेकी परिधि ऊपरवाली दूसरी विधिसे नापो और π का मान निकालो।

३—कांच-नलीके धाँचकी मोटाई कैसे नापोगे ?

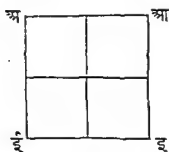
२-क्षेत्रफल

जो तल (surface) सीधी वा टेढ़ी रेखा वा रेखाओंसे घिर जाय (figure) क्षेत्र कहलाता है। उसके भीतरके तलके फैलावको हम क्षेत्रका (area) क्षेत्रफल कहते हैं। क्षेत्रफलकी नाप केवल लम्बाई अथवा केवल चौड़ाई जानकर नहीं मालूम हो सकती जैसे मेज़के तलका परिमाण यह कह देनेसे कदापि न प्रष्ट होगा कि मेज़ इतनी लम्बी वा इतनी चौड़ी है। हाँ यदि यह कहा जाय कि मेज़की लम्बाई इतनी है और चौड़ाई इतनी है, तो मेज़के तलका फैलाव भट समझमें आ जाता है। परन्तु क्षेत्रकी रेखा बक हो तो लम्बाईकी इकाइयोंसे कुछ अर्थ नहीं निकलता। इसलिए क्षेत्रफलके लिए कोई एक इकाई माननेकी आवश्यकता पड़ी।

जब क्षेत्रकी लम्बाई चौड़ाई बराबर होती है और सा कोण (angle) समकोण (right-angle) होते हैं तब वह क्षेत्र वर्गक्षेत्र (square) कहलाता है। यदि वर्गक्षेत्रका भुज (side) लम्बाईकी एक इकाई, १ इंच, १ सें० मी०, १ गज, १ मीटर इत्यादिके बराबर हो तो उसके भीतरके क्षेत्रफलको (unit of area) क्षेत्रफलकी इकाई कहते हैं। वर्गक्षेत्रका भुज एक इंच हो तो उसका क्षेत्रफल (1 square inch) १ इंच, १ मीटर हो तो क्षेत्रफल (1 square metre) १ वर्गमीटर कहलाता है, इत्यादि।

क्षेत्रफलकी विविध इकाइयां वर्ग गज, वर्ग फुट, वर्ग इंच, हैं और मेट्रिक इकाइयां वर्ग मीटर, वर्ग डेसीमीटर, वर्ग सेंटीमीटर इत्यादि।

हो इस भुजवाला एक वर्गक्षेत्र साँवकर देती इसका क्षेत्रफल कितना होगा ?



चित्र ६

मान लो अ आ इ ई (चि० ६) एक वर्गक्षेत्र है जिसका प्रत्येक भुज २ इंच लम्बा है। प्रत्येक भुजके मध्यचिन्दुको सामनेवाले भुजके मध्यचिन्दुसे मिला दो। ऐसा करनेसे चार वर्गक्षेत्र बन जाते हैं और प्रत्येकका भुज एक इंच

लम्बा होता है। इसलिए दो इंच भुजवाले वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल ४ वर्ग इंच होता है।

यदि वर्गक्षेत्रका भुज ३ इंच लम्बा हो तो उसका क्षेत्रफल क्या होगा ?

एक भुजको तीन समान भागोंमें बाँटकर एक एक इंचकी दूरीपर ऐसी रेखाएँ खींचो जो बगलवाले भुजके (parallel) समानान्तर हों। फिर बगलवाले भुजको ३ समान भागोंमें बाँटकर एक एक इंचकी दूरीपर पहिले भुजके समानान्तर रेखाएँ खींचो। इस तरह कुल वर्गक्षेत्र ९ छोटे छोटे समान वर्गक्षेत्रोंमें बाँट जायगा। यह स्पष्ट है कि एक छोटे वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल १ वर्ग इंच है। इसलिए ३ इंच भुजवाले वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल ९ वर्ग इंच हुआ। इसी तरह यह मालूम किया जा सकता है कि

३ इंच भुजवाले वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल = $३^२$ वर्ग इंच

४ इंच भुजवाले वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल = ४^२ वर्ग

६ " " " " = ६^२ "

इससे यह सिद्ध होता है कि किसी वर्ग क्षेत्रका निकालनेके लिए उसके भुजकी लम्बाई कावसर इसके वसीमे गुणा कर दो अर्थात् वर्ग कर दो ; वर्ग करनेमें जो संख्या क्षेत्रफलकी इकाइयोंको प्रकट करता है ।

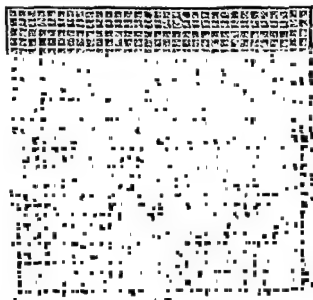
प्रयोग ४—एंगे वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल मापना जिसके भुजकी लम्बाई इंचोंमें न हो ।

पहिले ऊपर पतलाये हुए नियमके अनुसार लम्बाईका वर्ग निकालकर क्षेत्रफल मालूम कर लो । उत्तर ठीक है या नहीं इस बातकी जांच गानेदार वर्गक्षेत्र मीचकर करो ।

मान लो वर्गक्षेत्रका भुज २.७ इंच है । नियमके इसका क्षेत्रफल = २.७ इंच × २.७ इंच = ७.२६ वर्ग इंच । इसके लिए खानेदार कागज़ लेकर गौरसे देतो । इसपर का और खड़ी मोटी लकीरें एक एक इंचके अन्तरपर खिंची हैं, फिर पतली हल्की लकीरें समान अन्तरपर इस प्रकार खिंची हुई हैं कि इंचके दस समान भाग बन जाते । इन पतली लकीरोंसे जो वर्गक्षेत्र बनता है उसका भुज इंच है । एक वर्ग इंचमें ऐसे ऐसे सौ वर्गक्षेत्र हैं, इसी १०० छोटे वर्गक्षेत्र मिलकर १ वर्ग इंचके बराबर हुए ।

२.७ इंच भुजवाला एक वर्गक्षेत्र खानेदार कागज़ ऐसा खींचो (चित्र १०) कि बगलवाले दो भुज मोटी लकीरें पड़ें । इस वर्गक्षेत्रके भीतर चार पूरे वर्ग इंच हैं, चार

अत्यंतक्षेत्र बन गये हैं जिनमेंसे प्रत्येकके भीतर छोटे सत्तर वर्गक्षेत्र हैं और एक वर्गक्षेत्र कोनेमें बन गया है जिसके



चित्र १०

भीतर ४६ छोटे वर्गक्षेत्र हैं। इस लिए कुल वर्गक्षेत्रका क्षेत्र

$$\text{फल} = ४ \text{ वर्ग इंच} + \frac{४ \times १००}{१००} \text{ वर्ग इंच} + \frac{४६}{१००} \text{ वर्ग इंच}$$

$$= ४ + ४ + ४६ \text{ वर्ग इंच}$$

$$= ७.२६ \text{ वर्ग इंच}$$

इससे यह विदित होता है कि वर्गक्षेत्रका भुज चाहे कृत्रिम इकाइयोंमें हो चाहे मित्रमें, उसका क्षेत्रफल भुजकी सम्यक्का वर्ग कर देनेसे निकल आयेगा।

४ इंच भुजवाले वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल = 4^2 वर्ग इंच

६ " " " " = 6^2 "

इससे यह सिद्ध होता है कि किसी वर्ग क्षेत्रका क्षेत्र निकालनेके लिए उसके भुजकी लम्बाई नापकर इसका वर्ग उसीसे गुणा कर दो अर्थात् वर्ग कर दो ; वर्ग करनेसे जो अंक आता है वह क्षेत्रफलकी इकाइयोंको प्रकट करता है ।

प्रयोग ६—ऐसे वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल मापना जिसके भुजकी लम्बाई १ इंचोंमें न हो ।

पहिले ऊपर बतलाये हुए नियमके अनुसार भुजकी लम्बाईका वर्ग निकालकर क्षेत्रफल मालूम कर लो । फिर उत्तर ठीक है या नहीं इस बातकी जांच खानेदार कागज़ पर वर्गक्षेत्र खींचकर करो ।

मान लो वर्गक्षेत्रका भुज २.७ इंच है । नियमके अनुसार इसका क्षेत्रफल = $2.7 \text{ इंच} \times 2.7 \text{ इंच} = 7.29$ वर्ग इंच । जांच के लिए खानेदार कागज़ लेकर गौरसे देखो । इसपर आठ और खड़ी मोटी लकीरें एक एक इंचके अन्तरपर खिंची हुई हैं, फिर पतली हल्की लकीरें समान अन्तरपर इस प्रकार खिंची हुई हैं कि इंचके दस समान भाग बन जाते हैं । इन पतली लकीरोंसे जो वर्गक्षेत्र बनता है उसका भुज १ इंच है । एक वर्ग इंचमें ऐसे ऐसे सौ वर्गक्षेत्र हैं, इसलिये १०० छोटे वर्गक्षेत्र मिलकर १ वर्ग इंचके बराबर हुए ।

२.७ इंच भुजवाला एक वर्गक्षेत्र खानेदार कागज़ पर ऐसा खींचो (चित्र १०) कि बगलवाले दो भुज मोटी लकीरों पर पड़ें । इस वर्गक्षेत्रके भीतर चार पूरे वर्ग इंच हैं, चार दस

समाधान—

(१) ५'३ वर्ग गजमें कितने वर्ग फुट और कितने वर्ग इंच हैं ?

$$\begin{aligned} ५'३ \text{ वर्ग गज} &= ५'३ \times ६ \text{ वर्ग फुट} \\ &= ४७'७ \text{ वर्ग फुट} \\ &= ४७'७ \times १४४ \text{ वर्ग इंच} \\ &= ६८६८'८ \text{ वर्ग इंच} \end{aligned}$$

(२) ६१५८'४ वर्ग इंचमें कितने वर्ग गज हैं ?

$$\begin{aligned} ६१५८'४ \text{ वर्ग इंच} &= \frac{६१५८'४}{१४४} \text{ वर्ग फुट} \\ &= ६३'६ \text{ वर्ग फुट} \\ &= \frac{६३'६}{६} \text{ वर्ग गज} \\ &= ७'०६ \text{ वर्ग गज} \end{aligned}$$

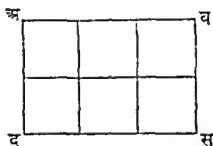
(३) ५'६ वर्गमीटरके वर्ग मिलीमीटर बनाओ ।

$$\begin{aligned} ५'६ \text{ वर्ग मी०} &= ५'६ \times १०० \text{ वर्ग हेमीमीटर} \\ &= ५'६ \times १०० \times १०० \text{ वर्ग सें० मी०} \\ &= ५'६ \times १०० \times १०० \times १०० \text{ वर्ग मि० मी०} \\ &= ५६००००० \text{ वर्ग मिलीमीटर} \end{aligned}$$

(४) ८५ वर्ग मिलीमीटरको वर्ग हेमीमीटरमें लिखो

$$\begin{aligned} ८५ \text{ वर्ग मिलीमीटर} &= \frac{८५}{१००} \text{ वर्ग सें० मी०} \\ &= \frac{८५}{१०० \times १००} \text{ वर्ग हे० मी०} \\ &= \frac{८५}{१००००} \text{ " } \\ &= '००८५ \text{ " } \end{aligned}$$

इस आयतक्षेत्रकी लम्बाई "अ द" या "म द" ३ इंच और चौड़ाई "अ व" या "य म" २ इंच है। "अ य" पर एक एक



चित्र ११

इंचके अन्तरपर बिंदु रखकर, जिसमें यह तीन समान भागों में बँट जाय, बगल-पाले भुजके समानान्तर रेखाएं खींची और 'अ द' के मध्य बिन्दुमें 'अ य' या 'द म' के समानान्तर एक रेखा खींची।

कुल आयतक्षेत्रमें षण्ण्ड इंचोंकी दो पंक्तियाँ हैं और प्रत्येक पंक्तिमें तीन तीन षण्ण्ड इंच हैं, इसलिए कुल 3×2 षण्ण्ड इंच के बराबर हुआ। अर्थात् अब आयतक्षेत्रकी लम्बाई ३ इंच और चौड़ाई २ इंच है तब उसका क्षेत्रफल ३ इंच \times २ इंच वा ६ षण्ण्ड इंच हुआ।

इसी प्रकार कई असमान आयतक्षेत्र खींचकर उनका क्षेत्रफल निकालो और आयतक्षेत्रका क्षेत्रफल मालूम करने का नियम बनाओ। यह याद रखो कि आयत क्षेत्रकी लम्बाई, चौड़ाई पूर्णाङ्क इकाइयोंमें हो।

प्रयोग ७—ऐसे आयतक्षेत्रका क्षेत्रफल निकालना जिसके भुज पूर्णाङ्क इकाइयों (इंचों) में न हो।

पहिले ऊपर बनाये हुए नियमके अनुसार लम्बाई चौड़ाई-को गुणा करके आयतक्षेत्रका क्षेत्रफल बताओ, फिर उत्तरकी शुद्धताकी जांच खानेदार कागज़पर करो।

अभ्यासार्थ प्रश्न-४

- (१) ४ वर्ग हेक्टामीटर में किसने वर्ग मीटरों में रूपांश दे ?
 (२) ६ वर्ग मीटरों के वर्ग विक्टामीटर में लिखो ।
 (३) ३५ वर्ग मी० की वर्ग मीटर बनाओ ।
 (४) १५० वर्ग मि० की वर्ग मी० बनाओ ।
 (५) ८ वर्ग मी० ७० वर्ग मि० की वर्ग मी० में लिखो ।
 (६) एक वर्गचतुर्भुज के क्षेत्रफल ७ वर्ग हेक्टामीटर ३ वर्ग मी० के
 है और दूसरे का ६३ वर्ग मी० ६ वर्ग मि० है । इन दोनों
 क्षेत्रफल मिलकर किसका होगा ? बता वर्ग मीटरों में लिखो ।
 (७) ३० हेक्टामीटर भुज वाले वर्गचतुर्भुज के एक वर्गचतुर्भुज
 काटा गया जिसका भुज ५० मी० है । बचे हुए टुकड़े का क्षेत्र
 वर्ग मि० में लिखो ।
 (८) ७ वर्ग फुट ६ वर्ग इंच के वर्ग गज बनाओ ।
 (९) एक भूमिके टुकड़े का क्षेत्रफल ६८६ वर्ग गज ३ वर्ग फुट
 वसमेंगे एक वर्गफुट क्षेत्र निकाल कर घान रोपा गया । इस टुकड़े
 में एक भुज २५ गज २ फुट है तो बचे हुए भूमिके क्षेत्रफल क्या है ?
 (१०) एक क्षेत्र का क्षेत्रफल ३८६५ वर्ग इंच है; इसको वर्ग फुट
 में लिखो ।

आयतक्षेत्र का क्षेत्रफल निकालना

जिस क्षेत्र के सामने के भुज समानान्तर और समान हों
 हैं और सब कोण समकोण, उसको आयतक्षेत्र (rectangle)
 कहते हैं । आयत क्षेत्र के लम्बे भुज की लम्बाई को आयतक्षेत्र
 की लम्बाई और छोटे भुज की लम्बाई को आयतक्षेत्र की
 चौड़ाई कहते हैं । चित्र ११ में अ व स द एक आयतक्षेत्र
 दिखा हुआ है ।

इस आयतक्षेत्रमें ६ पूर्ण वर्ग इंच हैं ; तीन ऐसे आयत-क्षेत्र हैं जिनमेंसे प्रत्येकके भीतर छोटे छोटे साठ वर्गक्षेत्र हैं, इसलिए मिलाकर इनका क्षेत्रफल $\frac{60 \times 3}{100}$ वर्ग इंचके समान हुआ; २ ऐसे आयत क्षेत्र हैं जो प्रत्येक २० छोटे वर्गक्षेत्रके समान हैं इसलिए उनका क्षेत्रफल मिलाकर $\frac{20 \times 2}{100}$ वर्ग इंच हुआ; कोनेमें एक छोटासा आयतक्षेत्र है जिसका क्षेत्रफल $\frac{12}{100}$ वर्ग इंचके समान है। इसलिए ३.२ इंच लम्बे और २.६ इंच चौड़े आयतक्षेत्रका क्षेत्रफल

$$\begin{aligned} &= 6 + \frac{60 \times 3}{100} + \frac{20 \times 2}{100} + \frac{12}{100} \text{ वर्ग इंच} \\ &= 6 + 1.8 + .4 + .12 \text{ वर्ग इंच} \\ \therefore &= 8.32 \text{ वर्ग इंच} \end{aligned}$$

नियमानुसार क्षेत्रफल निकालनेपर भी यही उत्तर आया था। इसलिए नियम टीक है और ऐसे लिखा जाता है—
आयतक्षेत्रकी लम्बाईकी इकाइयोंके अंकों उसकी चौड़ाईकी इकाइयोंके अंकोंसे गुणा करो और गुणनफलको क्षेत्रफलकी इकाइयोंका अंक समझे।

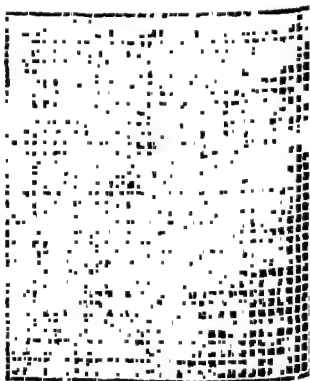
बीजगणितकी भाषानें—

यदि आयतक्षेत्रकी लम्बाईकी इकाइयोंका अंक 'ल' हो
और " " चौड़ाई " " 'च' हो
और " के क्षेत्रफल " " 'क्ष' हो
तो $\text{क्ष} = \text{ल} \times \text{च}$

यह आयत क्षेत्रके क्षेत्रफल मालूम करनेका गुर है।

मान लो आयतक्षेत्रकी लम्बाई ३'२ इंच और चौड़ाई २'६ इंच है। नियमके अनुसार इसका क्षेत्रफल = $३'२ \times २'६$ = ८'३२ वर्ग इंच।

जांचके लिए पानेदार कागज़ लेकर चित्र १२ की भाँति ३'२ इंच लम्बा और २'६ इंच चौड़ा आयत क्षेत्र बनाओ। सावधान ध्यान रखो कि आयतक्षेत्रका एक लम्बा भुज एक छोटा भुज मोटी लकीरोंपर पड़े (चित्र १२)



अर्ध पड़ेगा और कै गज गाढ़ा खरीदना पड़ेगा ? गाढ़ेका भाव घनि गज दो आने है।

$$\text{कमरेका क्षेत्रफल} = १६' \times १२'$$

$$= १९२ \text{ वर्ग फुट}$$

इसलिए जातिमका क्षेत्रफल भी १९२ वर्ग फुट होना चाहिए।

$$\text{गाढ़ेकी चौड़ाई} = १ \text{ फुट } ६ \text{ इंच} = १.५ \text{ फुट}$$

$$\therefore \text{गाढ़ेकी लम्बाई} = \frac{१९२ \text{ वर्ग फुट}}{१.५ \text{ फुट}}$$

$$= १२८ \text{ फुट}$$

$$= ४२\frac{२}{३} \text{ गज}$$

अर्थात् ४२ $\frac{२}{३}$ गज गाढ़ा खरीदनेमें ठीक जातिम बन गयेगी।

$$\text{गाढ़ेका दाम} = ४२\frac{२}{३} \times १ \text{ आने}$$

$$= \frac{१२८}{१} \times \frac{२}{३} \text{ रुपये}$$

$$= \frac{१६०}{१}$$

$$= ५८०५ \text{ आ० } ४ \text{ पैसे}$$

अभ्यासार्थ प्रश्न—५

(१) एक पोस्ट कार्ट १२' x १०' इंच लम्बा और ८' इंच इंच चौड़ा है तो इसका क्षेत्रफल क्या होगा ?

(२) नीचे दिये हुए आयतके चौड़ा क्षेत्रफल बताओ—

(१) १' २ इंच लम्बा, ७५ इंच इंच चौड़ा ;

(२) २' ३ फुट लम्बा, १' ५ फुट चौड़ा ;

(३) ५ ग० २ फुट लम्बा, ३ ग० १ फुट ३ इंच चौड़ा ।

उदाहरण १—

(१) एक वर्गाकार $१\frac{१}{२}$ फुट भुजवाली तट्टी एक तट्टीमें बाँटा
अलग करना है। ऐसा करनेमें तट्टीका क्षेत्रफल कितना कम हो जायगा?

वर्गाकार तट्टीका क्षेत्रफल $= १\frac{१}{२} \text{ फुट} \times १\frac{१}{२} \text{ फुट} = २\frac{१}{४}$ वर्ग फुट

(२) एक वर्गाकार आंगनमें $२\frac{१}{२}$ फुट भुजवाले पत्थरके
कितना प्रचं बैठेगा? प्रत्येक तट्टीके दाम ६ आने हैं और
किनारा १६ गज २ फुट है।

$$१६ \text{ गज } २ \text{ फुट} = १६ \times ३ + २ = ५० \text{ फुट}$$

$$\therefore \text{आंगनका क्षेत्रफल} = ५० \text{ फुट} \times ५० \text{ फुट} \\ = २५०० \text{ वर्ग फुट}$$

$$\text{पत्थरके प्रत्येक तट्टीका क्षेत्रफल} = २\frac{१}{४} \text{ फुट} \times २\frac{१}{४} \text{ फुट} \\ = ६\frac{१}{४} \text{ वर्ग फुट}$$

$$\therefore \text{पूरे आंगनको ढकनेकेलिए} \frac{२५०० \text{ वर्ग फुट}}{६\frac{१}{४} \text{ वर्ग फुट}} \text{ अर्थात् } ४०० \text{ तट्टी}$$

जरूरत होगी। प्रत्येक तट्टीके दाम ६ आने हैं, इसलिए ४०० तट्टी
 ४००×६ आने अथवा २४०० रुपये लगेंगे।

उदाहरण २—

(१) एक चबूतरेकी लम्बाई ३० गज २ फुट और चौड़ाई १२ गज
है; चबूतरेका क्षेत्रफल क्या है?

$$३० \text{ गज } २ \text{ फुट} = ३० \times ३ + २ \text{ फुट} = ९२ \text{ फुट}$$

$$१२ \text{ गज } १ \text{ फुट} = १२ \times ३ + १ \text{ फुट} = ३७ \text{ फुट}$$

$$\therefore \text{चबूतरेका क्षेत्रफल} = ९२ \times ३७ \\ = ३४०४ \text{ वर्ग फुट}$$

(२) एक कमरेकी लम्बाई १६' और चौड़ाई १२' है; १ फुट
चौड़े गाँदेकी ऐसी जाज़िम जो फ़र्शको पूरी तरह ढक सके कितनी

(१) नीचे दिये हुए आयत क्षेत्रोंका दृग्गम भुज बनाओ—

(१) क्षेत्रफल $19\frac{1}{2}$ वर्ग मी०, लम्बाई ७ दे० मी०;

(२) „ २५० वर्ग फुट, चौड़ाई ११२ फुट।

(४) एक कमरा अन्दरसे ३० फुट लम्बा, २० फुट चौड़ा हो फुट ऊँचा है; इसकी भीतरी दीवारोंका क्षेत्रफल जितना है।

(५) एक मनुष्य ६० गज लम्बे और ४० गज चौड़े मुनि पन्द्रह पन्द्रह फुटके अन्तरपर आमके पेड़ रोपना चाहता है; इनमें पौधोंकी आवश्यकता पड़ेगी ?

(६) एक तारिकी घर ३ फुट लम्बी और दो फुट चौड़ी है; भुजगले वर्गाकार टुकड़े कितने काटे जा सकते हैं और बची हुई क्षेत्रफल कुल क्षेत्रफलका कौनसा भिन्न होगा ?

(७) एक वर्गाकार आंगनका प्रत्येक किनारा २५ फुट है; $1\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{2}$ इंच $\times 1\frac{1}{2}$ इंच ईंटोंसे आंगनको पक्का करानेमें कमसे कम कितनी लगेगी जब ईंटोंका भाव ८½ हजार दो और प्रति १०० ईंटोंके आठ आने और सार्च हों ?

(८) एक घास ८५ मीटर लम्बा और ६० मीटर चौड़ा है। इसमें बीच ५ मीटर लम्बा और उतना ही चौड़ा एक हैल है; चारों ओर एक एक सीधी सड़क जिसकी चौड़ाई २ मीटर है हैल तक घासकी कितनी भूमि आजायगी ? यह ध्यान रहे कि हैलके चारों ओर चौड़ी सड़क पहिलेसे ही बनायी हुई है।

(९) एक कमरेकी दीवारोंमें ८७ दे० मी० लम्बा और ४ दे० चौड़ा कागज लगवानेमें कितना घर्च पड़ेगा जब कमरा २० मी० लम्बा मी० चौड़ा और ६ मी० ऊँचा हो और कागजका दाम प्रति दम्मा ५० हो ?

त्रिभुजका क्षेत्रफल

तीन सीधी रेखाओंसे बने हुए क्षेत्रको (triangle) कहते हैं। जिस बिंदुपर कोई दो भुज मिलते हैं त्रिभुजका शीर्ष कहते हैं। किसी त्रिभुजपर

(३) नीचे दिये हुए आयत क्षेत्रोंका दूसरा भुज बताओ—

(१) क्षेत्रफल $15\frac{1}{2}$ वर्ग मी०, लम्बाई ७ डे० मी०;

(२) „ २५० वर्ग फुट, चौड़ाई १२५ फुट।

(४) एक कमरा अन्दरसे ३० फुट लम्बा, २० फुट चौड़ा और १० फुट ऊँचा है; इसकी भीतरी दीवारोंका क्षेत्रफल कितना है?

(५) एक मनुष्य ६० गज लम्बे और ४० गज चौड़े भूमि, पन्द्रह पन्द्रह फुटके अन्तरपर आमके पेड़ रोपना चाहता है; वृक्षोंकी आवश्यकता पड़ेगी?

(६) एक तांबेकी चदर ३ फुट लम्बी और दो फुट चौड़ी है; भुजवाले वर्गाकार टुकड़े कितने काटे जा सकते हैं और बचे हुए क्षेत्रफल कुल क्षेत्रफलका कौनसा भिन्न होगा?

(७) एक वर्गाकार आंगनका प्रत्येक किनारा २५ फुट है; १० ५ इंच \times ४ इंच ईंटोंसे आंगनको पक्का करानेमें कमसे कम ईंटें लगेंगी जब ईंटोंका भाव ८) हजार हो और प्रति १०० ईंटोंके आठ आने और खर्च हों?

(८) एक बाग ८५ मीटर लम्बा और ६० मीटर चौड़ा है। एने चौच ५ मीटर लम्बा और उतना ही चौड़ा एक है। बागों एक एक सीधी सड़क जिसकी चौड़ाई २ मीटर है है। बागकी कितनी भूमि आजायगी? यह ध्यान रहे कि है। बागकी चौड़ी सड़क पहिलेसे ही बनायी हुई है।

(९) एक कमरेकी दीवारोंमें ८७ डे० मी० लम्बा और ५१ डे० चौड़ा कागज लगवानेमें कितना खर्च पड़ेगा जब कमरा २० मी० लम्बा १० मी० चौड़ा और ६ मी० ऊँचा हो और कागजका दाम प्रति रत्ना १०) हो।

त्रिभुजका क्षेत्रफल

तीन सीधी रेखाओंसे बने हुए क्षेत्रको (triangle) कहते हैं। जिस बिंदुपर कोई दो भुज मिलते हैं त्रिभुजका शीर्ष कहते हैं। त्रिभुजके किसी भुजपर

(३) नीचे लिखे त्रिभुजोंका क्षेत्रफल बताओ तिनकी

अंचाई ५३ सें० मी० और आधार ३२ सें० मी०,

" १८ फुट और " १५ फुट,

" १ गज २ फुट ११ इंच और आधार ३ ग० १ फु० ५ इ० है।

(४) एक त्रिभुजके भुजोंके मान ५ सें० मी०, ७ सें० मी० और ६ सें० मी० हैं। इसको खानेदार कागज़पर खींचो और गिनकर क्षेत्रफल निकालो। तबही शुद्धता जांचनेकेलिए किसी भुजपर लम्ब गिरा कर गुरकी सहायतासे ही क्षेत्रफल निकालो और देखो उत्तरोंमें क्या अन्तर पड़ता है।

(५) एक (parallelogram) समानान्तर चतुर्भुज क्षेत्र खानेदार कागज़पर खींचो। किसी दो सामनेके कोणोंके मिला देनेसे दो त्रिभुज बन पायेंगे। इनमेंसे प्रत्येकका क्षेत्रफल गिनकर निकालो। समानान्तर चतुर्भुज क्षेत्रका क्षेत्रफल किसके बराबर है? इसी प्रकार तीन प्रयोग और करके समानान्तर चतुर्भुज क्षेत्रके क्षेत्रफल निकालनेका कोई गुर स्थापित करो। समानान्तर चतुर्भुज क्षेत्रमें भी यदि किसी भुजपर सामनेके कोणसे लम्ब गिराया जाय तो वह भुज उस लम्बका आधार कहलाता है।)

घक क्षेत्रका क्षेत्रफल

खानेदार कागज़पर कोई टेढ़ा मेढ़ा क्षेत्र खींचो। पूर्ण और धार्धार्ध घर्ग इंचोंको जो क्षेत्रमें पड़ गये हैं गिन लो। वचे हुए क्षेत्रका क्षेत्रफल छोटे छोटे घर्गक्षेत्रों और उनके टुकड़ोंको पहले कहे हुए नियमके अनुसार गिनकर घर्ग इंचमें निकालकर पूर्ण घर्ग इंचोंमें जोड़ दो। योगफल क्षेत्रका क्षेत्रफल होगा।

प्रयोग ६—ब्रिटिश और मेट्रिक क्षेत्रफलकी इकाइयोंका सम्बन्ध ज्ञात करना।

(१) खानेदार कागज़पर ऐसा आयतक्षेत्र अथवा घर्ग-क्षेत्र खींचो जिसके भुजोंकी लम्बाई पूर्ण सेंटीमीटरोंमें हों। उसका क्षेत्रफल दोनों इकाइयोंमें माप लो। फिर ऐकिक

परके लम्बसे गुणा करके आधा करो ; देखो इनमें क्या अन्तर पड़ता है ।

२—तीन त्रिभुज जिनमेंसे एक अधिककोण, समकोण और तीसरा न्यूनकोण हो खानेदार ऐसे खींचो कि प्रत्येकका लम्ब एक दूसरेके और प्रत्येकका आधार भी बराबर हो । गिनकर निकालो और देखो कि हिसाबसे निकाले हुए क्षेत्रफल कितनी भिन्नता होती है

अभ्यासार्थ प्रश्न-६

(१) एक त्रिभुजका क्षेत्रफल १२०० वर्ग फुट और आधार ६० फुट उसकी ऊँचाई कितनी होगी ?

$स = \frac{१}{२} \times आ \times ल$ जहाँ स, आ और ल क्रमसे क्षेत्रफल, और लम्बको सूचित करते हैं ।

$$\therefore १२०० \text{ वर्गफुट} = \frac{१}{२} \times ६० \text{ फुट} \times ल$$

$$\therefore ल = \frac{१२०० \times २}{६०} \text{ फुट}$$

$$= ४० \text{ फुट}$$

(२) एक त्रिभुजके भुजाँके मान १२ फुट, १६ फुट और २० फुट उसका क्षेत्रफल क्या है ?

१२ फुट और १६ फुट वाले भुजाँके बीचका कोण समकोण है, इनमेंसे एकको आधार और दूसरेको लम्ब मान लेना चाहिए । इसका

$$\text{क्षेत्रफल} = \frac{१}{२} \times १२ \times १६ \text{ वर्ग फुट}$$

$$= ९६ \text{ वर्ग फुट} ।$$

(३) नीचे लिखे त्रिभुजोंका क्षेत्रफल बताओ जिनकी

जंचाई ५३ सें० मी० और आधार ३२ सें० मी०,

" १८ फुट और " १५ फुट,

" १ गज २ फुट ११ इंच और आधार ३ ग० १ फु० ५ इ० है ?

(४) एक त्रिभुजके भुजोंके मान ५ सें० मी०, ७ सें० मी० और ६ सें० मी० हैं। इसको प्रानेदार कागज़पर खींचो और गिनकर क्षेत्रफल निकालो। वरवीं शुद्धता जांचनेकेलिए किसी भुजपर लम्ब गिरा कर गुरकी सहायतासे क्षेत्रफल निकालो और देखो उत्तरोंमें क्या अन्तर पड़ता है।

(५) एक (parallelogram) समानान्तर चतुर्भुज क्षेत्र प्रानेदार कागज़पर खींचो। किसी दो सामनेके कोणोंका प्रमाण देनेसे दो त्रिभुज बन सकेंगे। इनमेंसे प्रत्येकका क्षेत्रफल गिनकर निकालो। समानान्तर चतुर्भुज का क्षेत्रफल किसके बराबर है ? इसी प्रकार तीन प्रयोग और करके समानान्तर चतुर्भुज क्षेत्रके क्षेत्रफल निकालनेका कोई गुर स्थापित करो। समानान्तर चतुर्भुज क्षेत्रमें भी यदि किसी भुजपर सामनेके कोणसे लम्ब गिराया जाय तो वह भुज उस लम्बका आधार कहलाता है।)

चक्र क्षेत्रका क्षेत्रफल

प्रानेदार कागज़पर कोई टेढ़ा मेढ़ा क्षेत्र खींचो। पूर्ण और अर्ध वर्ग इंचोंको जो क्षेत्रमें पड़ गये हैं गिन लो। वचे हुए प्रका क्षेत्रफल छोटे छोटे वर्गक्षेत्रों और उनके टुकड़ोंको पहले हे हुए नियमके अनुसार गिनकर वर्ग इंचमें निकालकर पूर्ण वर्ग इंचोंमें जोड़ दो। योगफल क्षेत्रका क्षेत्रफल होगा।

प्रयोग ६—ब्रिटिश और मेट्रिक क्षेत्रफलकी इकाइयोंका सम्बन्ध स्मरण करना।

(१) प्रानेदार कागज़पर ऐसा आयतक्षेत्र अथवा वर्ग क्षेत्र खींचो जिसके भुजोंकी लम्बाई पूर्ण सेंटीमीटरोंमें हों। इसका क्षेत्रफल दोनों इकाइयोंमें माप लो। फिर ऐकिक

नियम या त्रैराशिकद्वारा यह मालूम करो कि एक ब्रिटिश इकाईमें कितनी मेट्रिक इकाइयां होती हैं।

(२) एक आयतक्षेत्र अथवा वर्गक्षेत्रकी (dimensions) नापोंको दोनों इकाइयोंमें लिखकर गुणद्वारा उस क्षेत्रका क्षेत्रफल दोनों इकाइयोंमें निकालो फिर ऐकिक नियमद्वारा यह देखो कि ब्रिटिश क्षेत्रफलकी एक इकाईमें मेट्रिक क्षेत्रफल की कितनी इकाइयां शामिल हैं।

प्रयोग १०—वृत्तका (circle) क्षेत्रफल निकालना।

खानेदार कागज़पर एक वृत्त खींचो और उसका क्षेत्रफल गिनकर निकालो। अर्द्धव्यासकी लम्बाई नापकर वर्ग कर दो। वर्गफल उस वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल होगा जिसका भुज अर्द्धव्यासकी लम्बाईके बराबर है। वृत्तके क्षेत्रफलको अर्द्धव्यासपरके वर्गक्षेत्रके क्षेत्रफलसे भाग दो। इसी प्रकार कई असमान वृत्त खींचकर प्रत्येकके क्षेत्रफलको उसीके व्यासार्द्धपरके वर्गक्षेत्रके क्षेत्रफलसे भाग दो और नीचेकी तरह सारिणी बनाकर उनको दर्ज करो—

वृत्तका व्यासार्द्ध	वृत्तका क्षेत्रफल	व्यासार्द्धपरके वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल	वृत्तका क्षेत्रफल व्यासार्द्धपरके वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल
इंच	वर्ग इंच	वर्ग इंच	
३.५
२
१.३
२.५

(४) एक कुएँको भरनेकेलिए तीन नल लगे हुए हैं जिनके भीतरी व्यास क्रमसे ३ इंच, २ इंच और २½ इंच हैं। पंहुला एक घंटेतक लगा-तार गुना रहे तो कुएँ लयानव भर जाता है; यदि यह बन्द कर दिया जाय और बाड़ी दो नल खोल दिये जायें तो झाली कुँड भरनेमें जल्दी होगी अथवा देरी और कितनी जल्दी वा देरी होगी ?

(५) एक गोले मैदानका क्षेत्रफल ५१२३४ वर्ग फुट है तो वृत्तका व्यास कितना है ? इसके चारों ओर तार से घेर देनेकेलिए कितना लम्बा तार खरीदना होगा अब ऊपरमें नीचे तक एक एक एक फुटके अन्तरपर चार तार लगाने हैं ?

तोलकर क्षेत्रफल निकालना

अभीतक नापकर अथवा गिनकर क्षेत्रफल मालूम करनेका नियम बतलाया गया है। यह जान लेना आवश्यक है कि तोलकर भी क्षेत्रफल निकाला जा सकता है, परन्तु इसकेलिए ऐसी चद्दर या कागज़के तख्तेकी आवश्यकता पड़ती है जिसकी मोटाई सब स्थानोंमें समान हो फिर तो किसी टेढ़े मेढ़े तख्ते या चद्दरका क्षेत्रफल निकालना हाथोंका खेल है। इस रीतिकी शुद्धताकी जांच पहले ऐसे क्षेत्रसे करना उचित है जिसका क्षेत्रफल नापकर भी जाना जा सके, इसलिए एक वृत्तका क्षेत्रफल निकालना चाहिए।

प्रयोग ११—तोलकर वृत्तका क्षेत्रफल निकालना।

समान मोटाईवाले कागज़का एक तख्ता लेकर उसको आयताकार अथवा वर्गाकार बड़ी सावधानीके साथ किसी तेज़ कँधीसे काटो जिसमें फिनारे विलकुल सीधे निकलें। मीटर-रूलसे नापकर इसका क्षेत्रफल वर्ग सेंटीमीटरमें निकालो। इसको तोल भी लो। तोलको क्षेत्रफलसे भाग देनेपर एक वर्ग सेंटीमीटर तख्तेकी तोल मालूम हो जायगी

$$\begin{aligned}
 \text{पहले हैजके धरातलका क्षेत्र} &= \pi \left(\frac{9}{2}\right)^2 \text{ वर्ग फुट} \\
 &= 3.14 \times \frac{9}{2} \times \frac{9}{2} \text{ वर्ग फुट} \\
 &= 3.14 \times 20.25 \text{ वर्ग फुट}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{दूसरे हैजके धरातलका क्षेत्र} &= \pi \times \left(\frac{4}{2}\right)^2 \text{ वर्ग फुट} \\
 &= 3.14 \times \frac{4 \times 4}{4} \text{ वर्ग फुट} \\
 &= 3.14 \times 4 \text{ वर्ग फुट}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{तीसरे हैजके धरातलका क्षेत्र} &= \pi \times \left(\frac{3}{2}\right)^2 \text{ वर्ग फुट} \\
 &= 3.14 \times \frac{3}{2} \times \frac{3}{2} \text{ वर्ग फुट} \\
 &= 3.14 \times 2.25 \text{ वर्ग फुट}
 \end{aligned}$$

दूसरे और तीसरे हैजके धरातलका क्षेत्रफल मिलाकर २६.६६ हुआ इसलिए पहिले हैजमें अधिक पानी होगा।

अभ्यासार्थ प्रश्न—७

(१) नीचे लिखे हुए छत्तोंका क्षेत्रफल बतलाओ—

(१) व्यास ३.५ फुट, (२) व्यासार्ध १० इंच मी० (१) ३८३ सें०मी० (४) अर्धपरिधि ६८ मी०।

(२) ८५ फुट लम्बे ६० फुट चौड़े मैदानके बीचमें एक चतुर्भुज है व्यास २२ इंच मी० है, पचो हुए मृमि कुल मैदानका कौनसा भिन्न है

(३) त्रिग छत्तका व्यासार्ध १० फुट है, वह तीन बराबर हिस्सेमें छत्तोंमें बंटा है त्रिगके केन्द्र बड़े छत्तके केन्द्रपर है तो इन दोनों व्यासार्ध कितने होंगे ?

(४) एक बुन्दरो मरनेमें १० मीन मर लगे हुए हैं जिनके भीतरी व्यास क्रमसे १ इंच, ३ इंच और ३५ इंच हैं। पहला एक घटेक लगा-
नार गुना रहे तो बुन्द लम्बाव मर जाता है; यदि यह बन्द कर दिया
जाय और बाहरी दो मर मोन दिने जाय तो घागो बूँड मरनेमें जल्दी होगी
कथना देरी और जितनी जल्दी वा देरी होगी ?

(५) एक गोल मैदानका क्षेत्रफल ४१३१४ वर्ग फुट है तो समस्त घास
जितना है ? इसके चारों ओर तार से घेर देनेमें १५ मिनट लम्बा तार
प्रीतिना होगा जब ऊपरसे नीचे तक एक एक एक फुटके अन्तरपर चार
तार लगाने हैं ?

तेलकर क्षेत्रफल निकालना

अमीनकर नापकर अथवा गिनकर क्षेत्रफल मालूम करने-
का नियम बतलाया गया है। यह जान लेना आवश्यक है कि
तेलकर भी क्षेत्रफल निकाला जा सकता है, परन्तु इसके लिए
ऐसी चद्दर या कागज़के तख्तेकी आवश्यकता पड़ती है
जिसकी मोटार सय स्थानोंमें समान हो फिर तो किसी टेढ़े
मेढ़े तख्ते या चद्दरका क्षेत्रफल निकालना धांधला खेल है।
इस नीतिकी शुद्धताकी जांच पहले ऐसे क्षेत्रसे करना उचित
है जिसका क्षेत्रफल नापकर भी जाना जा सके, इसलिए एक
हत्तका क्षेत्रफल निकालना चाहिए।

प्रयोग ११—तेलकर हत्तका क्षेत्रफल निकालना।

समान मोटारवाले कागज़का एक तख्ता लेकर उसको
प्रायतःकार अथवा वर्गाकार बड़ी सावधानीके साथ किसी
तेज़ कैंचीसे काटो जिसमें फिनारे बिलकुल सीधे निकलें।
मीटर-रूलसे नापकर इसका क्षेत्रफल वर्ग सेंटीमीटरमें
निकालो। इसके ताल भी लो। —ने भाग देने-
पर एक वर्ग सेंटीमीटर तख्तेकी वर्ग

तख़्तेपर एक घृत्त खींचो जिसका व्यास सेंटीमीटरों में नापो। फेंचीसे तख़्तेको परिधिपर इस प्रकार काटो कि पूरा गोला तख़्ता निकल आवे, कहींसे टेढ़ा न हो। इस गोले तख़्तेका व्यास फिर नापो और देखो पहली नापसे मिलता कि नहीं। इसको भी तोल लो और इस तोलको १ वर्ग सेंटीमीटर तख़्तेकी तोलसे भाग दो। भजनफल गोले तख़्ते क्षेत्रफल वर्ग सेंटीमीटरों में होगा।

नापनेसे जो व्यासकी लम्बाई मालूम हुई है उसीको लेकर गुरुके अनुसार क्षेत्रफल निकालो और देखो दोनों विधिपंक्ति क्षेत्रफल निकालनेमें क्या अन्तर पड़ता है।

इसी प्रकार असमान घृत्ताकार तख़्ते काटकर हर एक क्षेत्रफल निकालो और नीचे लिखी हुई सारिणी बनाम दर्ज करो :—

आयताकार तख़्तेकी तोल.....ग्राम

” ” का क्षेत्रफल.....वर्ग सें० मी०

१ वर्ग सें० मी० तख़्तेकी तोल.....ग्राम

घृत्ताकार तख़्तेका व्यासार्ध	घृत्ताकार तख़्तेकी तोल	घृत्ताकार तख़्तेका क्षेत्रफल	नापने और गुरु द्वारा निकालने पर क्षेत्रफल
सें० मी०	ग्राम	वर्ग सें० मी०	वर्ग सें० मी०

यदि तोलने और चौपे स्तम्भमें पायाजाय।

(१) इसी प्रयोग

सम्बन्ध दिखानेवाला

गुरुता के प्रभाव

की ११ में १०

(२) एक दीर्घ

काटकर के प्रभाव

की १३ में १०

काटकर के प्रभाव

जितना

वा सतह

जितना

घर के

जगह

जितना

१०

घर

(litre) १ घन डे० मी० या लीटर (1 cubic decimetre १ cl.) कहते हैं। इसी तरह प्रत्येक सम्मार्थकी इकाईमें रखनेवाली घनफलकी इकाई भी होती है जैसे घन मी०-मीटर, घन लि०-मीटर इत्यादि जिनकी स्वयम् घनालो।

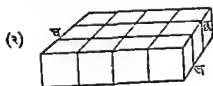
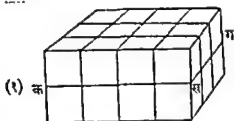
घनफलके विविधमान

ब्रिटिश राज्यमें घनफलकी इकाईयां साधारणतः घन फुट और घन गज हैं जिनकी परिमाणा स्वयम् घना कुछ कटिन नहीं है।

आयताकार ठोसका घनफल

जिस ठोसमें ६ पहल हों और प्रत्येकका तल हो उसको (rectangular) आयताकार ठोस कहते हैं। संदूक, दियासलाईका घर, इत्यादि आयताकार ठोसों कहते हैं। किसी आयताकार ठोसका घनफल उसको घनफलकी इकाईयोंमें माँटना होगा। घनफल की इकाईयां उसमें शामिल होंगी यही उस आयताकार का घनफल होंगी। उदाहरणार्थ एक ऐसा ठोस लो सम्मार्थ ४ इंच, चौड़ाई ३ इंच और ऊँचाई २ इंच (चित्र १५)। इसमें (१) सम्पूर्ण ठोसको प्रकट (२) ठोसके आधे भागको प्रकट करता है अर्थात् ठोस क ल ग तलकी सीधमें चीर दिया जाय तो समान तल्ले हो जायेंगे जिनमेंसे प्रत्येक तल्ले (२) होगा। यह तल्ले तीन समान छड़ोंमें चीरा जा (३) में दिखाया हुआ छड़ ऐसे ही तल्लेके चीरनेसे निकल सकता है। प्रत्येक छड़ भी ४ घन

जा सकता है। (४) में दिखाया गया घन इंच इसी छड़को
फ व सीधमें चोरनेसे निकला है।



चित्र १५

इस प्रकार यह सिद्ध होता है कि इस आयताकार टोसमें
२४ घन इंच निकल सकते हैं अर्थात् इस टोसका घनफल २४
घन इंच है क्योंकि इस छड़में ४ घन इंच निकाले जा सकते

हैं और एक तल्ले में ३ फुट। इसलिए एक तल्ले में ४×३ घन इंच हुए। परन्तु उस ठोस में दो समान तल्ले निकाले जा सकते हैं इसलिए उस ठोस में $३ \times ४ \times ३$ घन इंच हुए।

यही उत्तर आयताकार ठोस की लम्बाई, चौड़ाई, और ऊँचाई को गुणा कर देने से भी निकलता है क्योंकि $४ \text{ इंच} \times ३ \text{ इंच} \times ३ \text{ इंच} = ३६ \text{ घन इंच}$ ।

इसलिए आयताकार ठोस का घनफल निकालने के लिए, लम्बाई, चौड़ाई और ऊँचाई को गुणा कर दो, गुणनफल घनफल होगा।

नीचे गणित की भाषा में—

यदि आयताकार ठोस की लम्बाई ल हो

" " चौड़ाई च हो

" " ऊँचाई ऊ हो

और " " का घनफल घ हो

तो $घ = ल \times च \times ऊ$

इसी प्रकार किसी घन का घनफल निकालने के लिए उसके एक भुज की लम्बाई जानकर उसका घन ले लो अर्थात् उसको उसीसे दो बार गुणा करो, गुणनफल घन का घनफल होगा क्योंकि घन की लम्बाई, चौड़ाई और ऊँचाई समान होती हैं। गुरु के रूप में यह इस प्रकार लिखा जा सकता है—

$$घ = क \times क \times क = क^३$$

जहाँ घ = घन का घनफल

क = घन के एक किनारे की लम्बाई

घनफल की ब्रिटिश इकाइयों का सम्बन्ध—

१ फुट घन फुट की लम्बाई, चौड़ाई और ऊँचाई प्रत्येक १ फुट अर्थात् १२ इंच होती है। इसमें १२ तल्ले ऐसे काटे जा सकते हैं, जिनमें से प्रत्येक १२ इंच लम्बा, १२ इंच चौड़ा

और एक इंच मोटा हो। प्रत्येक तड़ता ऐसे छड़ोंमें चीरा जा सकता है जिनमेंसे प्रत्येक १२ इंच लम्बा, १ इंच चौड़ा और एक इंच ऊंचा हो और प्रत्येक छड़ १२ इंच-घनोंमें काटा जा सकता है। इसलिये एक घन फुटमें $12 \times 12 \times 12$ इंच घन घनाये जा सकते हैं। परन्तु एक इंच-घनका घनफल एक घन इंच होता है इसलिये १ घन फुटमें $12 \times 12 \times 12$ घन इंच होते हैं।

गुरुकी सहायतासे भी यही बात सिद्ध हो सकती है कि—

$$\begin{aligned} 1 \text{ घन फुट} &= 1 \text{ फु०} \times 1 \text{ फु०} \times 1 \text{ फु०} \\ &= 12 \text{ इ०} \times 12 \text{ इ०} \times 12 \text{ इ०} \\ &= 12 \times 12 \times 12 \text{ घन इंच} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{और } 1 \text{ घन गज़} &= 1 \text{ गज़} \times 1 \text{ गज़} \times 1 \text{ गज़} \\ &= 3 \text{ फुट} \times 3 \text{ फुट} \times 3 \text{ फुट} \\ &= 3 \times 3 \times 3 \text{ घन फुट} \end{aligned}$$

मेट्रिक घनफलकी इकाइयोंका सम्बन्ध—

यह परिभाषामें ही बतला दिया गया है कि एक डेसी-मीटर-घनका घनफल एक घन डेसीमीटर कहा जाता है। अब यह समझनेमें कोई कठिनाई न पड़नी चाहिये कि,

$$\begin{aligned} 1 \text{ घन डेसीमीटर} &= 10 \text{ सें०मी०} \times 10 \text{ सें०मी०} \times 10 \text{ सें०मी०} \\ &= 10 \times 10 \times 10 \text{ घन सें०मी०} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ घन सेंटीमीटर} &= 10 \text{ मि०मी०} \times 10 \text{ मि०मी०} \times 10 \text{ मि०मी०} \\ &= 10 \times 10 \times 10 \text{ घन मि०मी०} \end{aligned}$$

$$1 \text{ घनमीटर} \dots\dots = 1 \text{ मी०} \times 1 \text{ मी०} \times 1 \text{ मी०}$$

$$= 10 \text{ डे०मी०} \times 10 \text{ डे०मी०} \times 10 \text{ डे०मी०}$$

$$= 10 \times 10 \times 10 \text{ घन डे० मी०} \quad \therefore \quad \therefore$$

उदाहरण—

(१) एक शिला (पत्थरका टुकड़ा) ७ फुट लम्बा, ५ फुट चौड़ा और ४ फुट मोटा है तो उसका घनफल कितना होगा ?

$$\begin{aligned}\text{शिलाका घनफल} &= ७ \text{ फुट} \times ५ \text{ फुट} \times ४ \text{ फुट} \\ &= ७ \times ५ \times ४ \text{ घन फुट} \\ &= १४० \text{ घन फुट}\end{aligned}$$

(२) एक खुले सन्दूककी धादरी लम्बाई $२\frac{१}{२}$ फुट, चौड़ाई $१\frac{१}{२}$ और ऊँचाई $१\frac{१}{२}$ फुट है और उसकी भीतरी नाप २ फुट ४ इंच, १ फुट १० इंच और १ फुट ५ इंच है। उसकी लकड़ीका घनफल बतलाओ और यह भी बतलाओ कि उसमें कितने घनफलकी वस्तु भरी जा सकती है।

यदि सन्दूक बिल्कुल ठोस होता तो उसका घनफल $२\frac{१}{२} \times १\frac{१}{२} \times १\frac{१}{२}$ अर्थात् ७.५ घन फुट होता। परन्तु उसमें भीतर छाली है और छालीका घनफल = २ फुट ४ इंच \times १ फुट १० इंच \times १ फुट ५ इंच

$$= २\frac{१}{२} \times १\frac{५}{६} \times १\frac{५}{१२}$$

$$= \frac{७}{२} \times \frac{११}{६} \times \frac{१७}{१२} \text{ घन फुट}$$

$$= ६ \text{ घन फुट } १०४ \text{ घन इंच}$$

$$\therefore \text{लकड़ीका घनफल} = ७.५ \text{ घन फुट} - ६ \text{ घन फुट}$$

$$= १.५ \text{ घन फुट } १०४ \text{ घन इंच}$$

$$= १.५ \text{ घन फुट } ३६० \text{ घन इंच}$$

छाली स्थानका घनफल ६ घन फुट १०४ घन इंच है। इसलिये सन्दूकमें ६ घन फुट १०४ घन इंचकी वस्तु भरी जा सकती है।

अभ्यासार्थ प्रश्न-८

(१) २५ हाथ लम्बा २० हाथ चौड़ा और ५ हाथ ऊँचा चबूतरा बनवानेमें कितनी मिट्टीकी आवश्यकता पड़ेगी ?

(२) १० गज लम्बी, २ फुट चौड़ी और $1\frac{1}{2}$ फुट ऊँची लकड़ीमेंसे ५ फुट लम्बी, ६ इंच चौड़ी और ६ इंच मोटी कितनी धनियां (परशी) या शहतीर बनायी जा सकती हैं यदि यह मान लिया जाय कि चीरनेमें कोई प्रशम्यार्थ नष्ट नहीं होने पावेगा ?

(३) एक लोहेका कुंड (टंकी) १५ फुट लम्बा, १० फुट चौड़ा और २ फुट ऊँचा है तो उसमें कितना पानी भरा जा सकता है ? १ घन फुट पानीकी तोल $31\frac{1}{8}$ सेरके लगभग होती है।

(४) एक दीवाल २५ गज लम्बी, १ गज ऊँची और २ फुट मोटी बनायी जाय तो वह कितना स्थान घेर लेगी ?

४-द्रव पदार्थोंका आयतन

द्रव पदार्थोंके नापनेकेलिए नीचे दिये हुए नापने (measures) प्रयोग किये जाते हैं—

नपना घट (Measuring jar)—यह एक नलाकार बर्तन होता है और घन सेंटीमीटरोंमें चिह्नित किया रहता है जिससे किसी द्रवका घनफल घन सेंटीमीटरोंमें नापा जा सकता है। इसमें नीचेसे ऊपरकी चिह्न बनाये जाते हैं, इसलिए द्रव-तल जिस चिह्नपर रहता है उतने ही घन सेंटीमीटर उस द्रवका घनफल समझा

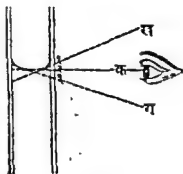


चित्र १६

व्यूटसे नापनेकी रीति—पहले व्यूटको (stand) डट्टेपर इस्तरह लगाओ कि बिलकुल सीधा खड़ा रहे, इधर उधर झुका न हो। नीचेकी टोंटी बन्द करदो और ऊपरवाले मुँहमें (funnel) कीप रखकर द्रवको भरते। जब सबसे ऊपरवाले निशानके कुछ ऊपरतक भर जाय, कीप हटा लो क्योंकि इसके रखे रहनेसे कीपमें लगा हुआ द्रव धीरे धीरे व्यूटमें टपकेगा और द्रव-तलकी पढ़े हुए चिह्नसे ऊपरको हटा देगा। इसके पश्चात् टोंटी या चुटकी ढीली कर दो जिससे यहाँ की हवा निकल जाय और सब जगह द्रव ही द्रव रह जाय। फिर चुटकी कस दो और देखो द्रव-तल किस चिह्नपर है। जितना द्रव लेना हो टोंटी खोलकर उतना ले लो फिर बन्द कर दो और १० सेकंडतक ठहर-कर फिर देखो कि द्रवतल कहाँ है। ठहरनेका कारण यह है कि बगलमें लगा हुआ द्रव कुछ धीरे उतरता है इसलिए टोंटी बन्द करनेके बाद तुरन्त ही द्रवतलका चिह्न देखा

जायगा तो कुछ अधिक पढ़ा जायगा परन्तु १० सेकंड ठहरनेपर लगे हुए द्रवके उतर चुकनेपर कोई अशुद्धि नहीं होगी।

यह पढ़ा देखा होगा कि नपना घट, व्यूट इत्यादिमें कोई द्रव भरा जाता है तो इसका ऊपरी तल समतल नहीं होता परन्तु बक होता है और



चित्र १६



नीचेका सिरा नोकीला रहता है जिससे मुंह भी बहुत छोटा हो जाता है। ऊपरवाला मुंह नलिकाकी चौड़ाईके बराबर होता है। इसीके पास एक गोख रेखा चारों ओर खिंची रहती है।

नलिकाका प्रयोग करनेकी रीति—इसके नोकीले सिर-
को पानीमें छोड़ दो और दूसरे सिरमें मुंह लगाकर पानी
ऊपर खींचो। जब चिह्नके ऊपरतक पानी चढ़ आवे तब
जल्दीसे ऊपरवाले सिरको अंगूठेसे दबाकर बन्द कर
लो और नलिकाको पानीके बाहर निकाल लो। अंगूठेके
दबावको ज़रासा कम करके धुँद धुँद करके पानी गिराते
जाओ, जब यमकतलका निचला बिन्दु रेखाको छूए हुए
दिखाई पड़े तभी फिर कसकर दबा लो और जिस घर्तनमें
पानी लेना चाहो उसमें गिरा लो। अन्तमें कुछ पानी नोकीले
सिरपर रह जायगा। इसलिए इस सिरको पानीमें छुआ
हो, थोड़ा पानी और गिर पड़ेगा। थोड़ी देरतक ठहरकर
नलिका अलग रख दो। इतना करनेपर भी जो पानी लगा
रह जाता है उसका हिसाब नहीं किया जाता क्योंकि चिह्न
गिनाने समय इस बातका धिचार कर लिया जाता है।
नलिकाके उमड़े हुए भागपर जो अंक लिखा रहता है
इतना घन सेंटीमीटर पानी प्रत्येक बार निकाला जा सकता है।

नपनी कुप्पी (Measuring flask)—कभी कभी ऐसी
कुप्पियोंसे नापनेका काम बड़ी आसानीसे लिया जाता है
जिनसे एक साथ १०००, ५००, २५०, या १०० घन सेंटीमीटर
का नापा जा सकता है। ऐसी कुप्पियोंकी गर्दनमें गोला
खोदा खिंची रहती है। जब उस चिह्नतक यमकतलका निचला

प्रयोग १३—निम्न यही दोनोका आयतन (capacity) ज्ञातना ।

नपने घटमें पानी ऊपरधामें चिह्नक भरकर घोटलमें
गीरे धीरे छोड़ो, जब योगल बिलकुल भर जाय नपनेको हटा-
कर देंगे पानी किस चिह्नक है । इस चिह्नकासे अद्वको ऊपर-
धामें चिह्नक अद्वमें घटा दो । यही अन्तर उस योगलका
आयतन है । यदि योगल न भरे और नपनेका पानी सब निकल
जाय तो नपनेको थोड़ी देनक योगलमें ही नीचेकी तरफ धामे
दो । जब सारा पानी नियर जाय, फिर भरकर घोटलमें छोड़ो ।
तलकें भर जानेपर देंगे कुल बितना पानी छोड़ा गया । तीन
तरहमी तरह योगल भरो और उत्तरोंकी औसत निकालो ।

प्रयोग १३—दोनोंका आयतन ज्ञातना ।

इसके लिए प्यूरट प्रयोग करना चाहिए । दधातको साफ
तकें सुखा लो और प्यूरटमें पानी भरकर देंगे किस चिह्न-
क है । घुटकी टीली कणों दधात भर लो । जिस समय
धात भर जाय घुटको छोड़ दो और देंगे अब पानी किस
बदपर है । दोनोंका अन्तर दधातका आयतन होगा । तीन
तरहमें ही करो और उत्तरोंकी औसत निकालो । उत्तरोंको
सब तरह लिखो—

पहली धार—

प्यूरटका दूसरा चिह्न.....घन सें० मी०

“ पहला चिह्न.....घन सें० मी०

दधातका आयतन.....घन सें० मी०

दूसरी धार—

प्यूरटका दूसरा चिह्न.....घन सें० मी०

“ पहला चिह्न..... ”

.....घन सें० मी०

चिन्दु पहुँच जाता है तब समझने दें कि इसमें कितना घन मी० द्रव भर गया है जो कुप्पीपर लिखा रहता है।



चित्र २२

सैंटीमीटरघाली कुप्पीको लीटर-कुप्पी (flask) कहते हैं, ५०० घ० सें०मी० कुप्पीको अर्द्ध-लीटर कुप्पी इत्यादि। घन सैंटीमीटरका नाम है (देखो चित्र २२)।

ब्रिटिश राज्यमें द्रव नापनेकेलिए (quart, gallon) क्वैट, गैलन और गैलन काममें लाये जाते हैं। एक क्वैटके बराबर होता है और एक क्वैटके।

इन नमूनोंपर 25°C (77°F) क्यों लिखा गया है।

गरमीसे सभी चीज़ें बढ़ती हैं और सरदीसे हैं। इसकी परीक्षा सब कोई कर सकता है। फटोरीमें पानी भरकर आगपर रखदो। पानी गरम होकर बढ़ेगा तब आगमें गिरकर आगके देगा। दूधका उफनना सबको मालूम है, यह भी होता है। किसी पदार्थके घनफल और तौलमें होता है। एक लीटर गरम और एक लीटर ठंडा पानी जाय तो यह प्रकट हो जायगा कि गरम पानी 25°F का चिह्न एक विशेष गरमीको नापनेवालेको मालूम रहे कि इसमें भरा हुआ द्रव गरमी में विशेष तौलका होता है। यह बढ़नेपर पूरी तरह समझमें आ

वस्तु उसमें डूब जाय । पानी भर चुकनेपर पानी-तलका चिह्न लिख लो; नपनेको मुकाकर ठोसको धीरेसे लुढ़का दो । याद रखो कि पानी उछलकर बाहर न निकल पड़े । नपनेके मुकानेमें दो घातोंका साम होता है—(१) घटके टूटनेका डर नहीं रहता और (२) पानी उछलकर बाहर नहीं जा पहुँचता । यदि ठोसमें हवाके बुलबुले इधर उधर चिपके हों तो नपना हिला देनेसे निकल जायंगे । इसपर भी न निकलें तो शीशेके इलमसे उनको छुड़ा दो । जब सब बुलबुले निकल जायें पानी-तलका चिह्न फिर लिख लो । इन दोनोंका अन्तर उस ठोसका घनफल होगा, क्योंकि यह उठे हुए पानीका घनफल है और पानी उतना ही उठेगा जितना हटानेवाले ठोसका घनफल है ।

(२) वस्तु बहुत छोटी हो तो प्यूरट लेकर उसका आयतन ऊपरवाली रीतिसे निकालो ।

(३) यदि वस्तु बहुत बड़ी हो तो यह युक्ति करो—

एक ऐसा यर्तन लो जिसमें वह वस्तु ऐसी रखी जा सके कि पानी भरनेपर बिलकुल डूब जाय । उस यर्तनका आयतन कहीं हुई विधिके अनुसार मालूम कर लो । वस्तुको यर्तनमें रखकर देखो अथ कितना पानी छोड़नेसे यर्तन भर जाता है । यर्तनके आयतनमेंसे इस पानीका घनफल घटाओ । अन्तर उस वस्तुका घनफल होगा ।

प्रयोग १७—पानीमें नैरनेवाली ठोस वस्तुका घनफल निकालना ।

(१) नपना घटमें इतना पानी भरो कि वस्तु डूब सके । पानीतलका चिह्न पढ़कर वस्तुको नपनेमें छोड़ दो और एक सलामी मुरसे उसे पानीमें दबाकर डुबो दो, हवाके बुलबुलोंको

लीटरों का पार—

“ प्यूरटका दूसरा निद्र.....घन सें० मी०

“ पहला निद्र..... ”

दयातका आयतन.....घन

तीनों उत्तरोंकी औसत.....घन सें०

नोट—यदि निघने निशानतक प्यूरटमें पानी का माप और दयात न के तो फिर पानी भरकर इगी प्रारार छोड़ो, जब दयात भर माप न के पड़कर जोड़ लो। आगेके पारे प्रयोगोंके तीन तीन बार करके सत्य शुद्धता जांचनी होगी।

प्रयोग १४—किती बहुत बड़े घर्तनका आयतन नापना।

लीटर-नपना या लीटर-कुप्योस पानी भर भर कर घट में छोड़ें। जब घर्तन भर जाय और अन्तिम बार नपनेमें पानी रह जाय तब इस पानीको नपना घटमें नाप लो। मान लो बारहवों बार नपनेमें ३५० घन सें० मी० पानी प गया जिस समय बड़ा घर्तन भर चुका। कुल पानी 12×1000 घ० सें० मी० लिया गया जिसमेंसे ३५० घ० सें० मी० घट में बच गया। इसलिये घर्तनका आयतन $12 \times 1000 - 350$ घ० सें० मी० अर्थात् ११६५० घ० सें० मी० है।

प्रयोग १५—बिटिया और मेट्रिक नपनोंका सम्बन्ध जांचना।

पैन्ट नपना लेकर उसके निशानतक नपना घटसे पानी भरकर छोड़ो और प्रयोग १४ के अनुसार हिसाब लगाओ।

प्रयोग १६—पानीमें दूध जानेवाले ओतका घनफल मापना।

(१) एक पेसा नपना-घट लो जिसमें यह आसानीसे जा सके। नपनेमें इतना पानी भर लो कि

स्तु उसमें डूब जाय । पानी भर चुकनेपर पानी-जलका चिह्न लेख लो; नपनेको मुकाबर टोसको घीरेसे लुढ़का दो । याद रखो कि पानी उछलकर बाहर न निकल पड़े । नपनेके करनेमें दो बातोंका साधन होता है—(१) घटके टूटनेका डर न रहना और (२) पानी उछलकर बाहर नहीं जा पहुंचता । दो टोसमें हवाके बुलबुले इधर उधर चिपके हों तो नपना सा देनेसे निकल जायेंगे । इसपर भी न निकलें तो गीरेके समाने उनको छुड़ा दो । जब सब बुलबुले निकल जायें पानी-जलका चिह्न फिर लिख लो । इन दोनोंका अन्तर उस टोस-घनफल होगा, क्योंकि यह उठे हुए पानीका घनफल है और पानी उतना ही उठेगा जितना हटानेवाले टोसका नफल है ।

(२) परन्तु बहुत छोटी हो तो प्यूरट लेकर उगवा यतन ऊपरवाली रीतिसे निकालो ।

(३) यदि परन्तु बहुत बड़ी हो तो यह युक्ति बरी—

एक ऐसा बर्तन लो जिसमें यह परन्तु घेरी लगी जा सके । पानी भरनेपर बिलकुल डूब जाय । उस बर्तनका आयतन गीरे हुए पिथिके अनुसार मापूम कर लो । परन्तुको बर्तनमें लकर देखो अब बितना पानी छोड़नेसे बर्तन भर जाता है । बर्तनके आयतनमेंसे इस पानीका घनफल घटाओ । अन्तर उस परन्तुका घनफल होगा ।

योग १७—पानीमें तैरनेवाली वस्तु का घनफल निकालना ।

छुड़ाकर पानीतलके चिह्नको फिर पढ़ो। दोनों चिह्नोंका घस्तुके घनफलके बराबर होगा।

(२) घस्तु बहुत छोटी हो तो प्यूरटसे इसी प्रकार आयतन निकालो।

(३) एक ऐसा डूबनेवाला ठोस सो जो तैरनेवाले ठोस को भी डूबा सके। पहले डूबनेवाले ठोसका घनफल निकालो फिर दोनोंको डोरेसे बांधकर एक साथ घनफल निकालो। दोनोंके घनफलमेंसे डूबनेवाले का घनफल घटा देनेसे उठने वालेका घनफल निकल आएगा। इसको यों लिखो—

$$\begin{aligned} \text{डूबाने और तैरनेवालेका मिलाकर घनफल} &= \text{घ० सं०} \\ \text{केवल डूबानेवालेका घनफल} &= \\ \therefore \text{तैरनेवालेका घनफल} &= \end{aligned}$$

प्रयोग १८—गुंका, या सीमेके धरोंका, घनफल नापना।

एक सुरे या एक गोली या छुरेका घनफल निकालने बहुत बड़ी अशुद्धि होनेका डर है। इसलिए २०, ४०, ५० वा ६० ऐसी सुरियों या धरोंको चुने कि प्रत्येकका घनफल वजन में प्रायः एकसा हो। सबका घनफल प्यूरटद्वारा एक साथ निकालकर जितनी सुरियां या छुरे हों उनकी संख्यासे भाग दे दे तो एक सुरे या छुरेका घनफल निकल आएगा।

यहां यह बतला देना उचित जान पड़ता है कि घस्तुओंके नापने जोखने में बड़ी सावधानीकी आवश्यकता पड़ती है क्योंकि इसमें जरासी भी गलती हो जानेसे उत्तर में बहुत कुछ अंतर पड़ जाता है। इसलिए जहांतक हो सके छोटी-छोटी चीजोंको बड़े नपनोंसे नापनेके लिए उसी प्रकार

। सी चीजें लेकर नापे और तब एककी नाप निकाले ।
यात एक उदाहरणसे स्पष्ट हो जायगी:—

मान लो थ्यूरेटद्वारा एक सुर्रका आयतन निकालना है ।
उमें दसवें घन सेंटीमीटरतकके बिह घने रहते हैं
तु बीसवें घन सेंटीमीटर तक पढ़ा जा सकता है । मान लो
का आयतन यथार्थ में '०७ घन सेंटीमीटर है, किन्तु पढ़ा
ा है '१ घन सेंटीमीटर अथवा '०५ घन सेंटीमीटर । इस
या तो '०३ घ० सें० मी० की अशुद्धि पड़ती है या '०२
से० मी० की ।

पहली अशुद्धिसे प्रति सैकड़ा $\frac{0.1 \times 100}{0.7}$ या ४३ की अशुद्धि
ी है, और दूसरी अशुद्धिसे " $\frac{0.1 \times 100}{0.9}$ या २२.६ " " ।

परन्तु यदि ६० सुर्रोंका एक साथ घनफल निकाला
य तो थ्यूरेटसे उनका घनफल या तो ४.२५ या ४.१५ घनसेंटी
टर पढ़ा जायगा जब कि यथार्थमें उनका घनफल ४.२ घ०
मी० है । इस तरह ६० सुर्रोंके घनफलमें '०५ की
शुद्धि हुई और १ सुर्रके घनफलमें $\frac{0.1}{60}$ या '०००८३ घन
० मी० की अशुद्धि हुई । इसलिए

प्रति सैकड़ा $\frac{0.00083 \times 100}{0.7}$ या $\frac{0.083}{0.7}$ या $\frac{1}{8.4}$ या १.२ की
शुद्धि हुई ।

प्रयोग १६—एक सेंटीमीटर और एक इंचका सम्बन्ध जानना ।

यों तो गुरसे जाना जा सकता है कि १ घन इंच
२.५४ × २.५४ × २.५४ घन सेंटीमीटर, क्योंकि एक इंच-

घनका प्रति किलो २५४ सेंटीमीटरके बराबर होता है। परन्तु प्रयोगद्वारा जाननेके लिए इतना देख लेना बस है कि एक इंच-घन कितना घन सेंटीमीटर पानी हटाता है। यदि और शुद्धता चाहते हो तो एक इंच-घनके स्थानमें एक ऐसा आयताकार ठोस लो जिसका घनफल कई घन इंच हो। जितना घन सेंटीमीटर पानी यह ठोस हटाये उसको उस ठोसके घनफलके घनइंचोंके अङ्कसे भाग देदो। भजनफलका अंक उतने घन सेंटीमीटरोंकी संख्या होगी जो एक घन इंचके बराबर हैं।

अभ्यासार्थ प्रश्न-६ :

१—एक सन्दूक २५ सें० मी० लम्बी, १२ सें० मी० चौड़ी और १० सें० मी० गहरी है। इसका आयतन लीटरोंमें निकालो।

२—दो डेसीलीटरोंमें कितने सेंटीमीटर शामिल हैं ?

३—एक घन इंचमें कितने घन मिलीमीटर होते हैं ?

४—सोनेके कमरेमें प्रत्येक मनुष्यके लिए ६०० घनफुट हवाकी आवश्यकता पड़ती है। यदि कमरेकी भीतरी लम्बाई १० गज और चौड़ाई १ गज हो जाय तो कमरा कितना ऊँचा करना चाहिए जिसमें ५ मनुष्योंके सोने आवश्यक हवा मिलती रहे।

५—एक बर्तनमें ८० लीटर पानी भरा हुआ है। एक कुटुम्बमें ५ लोग रहते हैं, यदि प्रत्येक मनुष्य प्रति दिन $3\frac{1}{2}$ गैलन पानी व्यवहारमें लाने पड़े यह पानी कितने दिन तक चलेगा ? (१ लीटर = $1\frac{3}{4}$ गैलन)

बेलनका घनफल

आयताकार ठोसका घनफल = ल x च x उ

५-बेलन, सूची आदिका घनफल

घेलनका घनफल

∴ आयताकार टोमका घनफल = ल × च × उ

जहाँ ल = टोमकी लम्बाई, च = टोमकी चौड़ाई और उ = टोमकी ऊँचाई ।

परन्तु उम टोमके लम्बे चौड़े तलका क्षेत्रफल = ल × च, इसलिए उसका घनफल = लम्बे चौड़े तलका क्षेत्रफल × उ, और यह उ दोनों लम्बे चौड़े तलोंकी दूरी है । इसलिए आयताकार टोमका घन-फल निकालनेकेलिए उसके किसी तलके क्षेत्रफलको सामनेवाले तलकी दूरीसे गुणा कर दो । गुणनफल, टोमका घनफल होगा ।

किसी घेलनके (cylinder) देखनेसे मालूम होता है कि उसके दो सिरें समान क्षेत्रफलके और आमने सामने होते हैं ; इसलिए इसका घनफल भी किसी एक सिरेंके क्षेत्रफलको दूसरे सिरेंकी दूरीसे गुणा करनेसे मालूम हो जायगा ।

इसका सिरा गोल होता है इसलिए उसका क्षेत्रफल = $\pi (r)^2$ जहाँ r सिरेंका अर्द्धव्यास है । यदि उ घेलनके सिरोंकी दूरी अर्थात् घेलनकी ऊँचाई मान ली जाय तो घेलनका घनफल = $उ \times \pi (r)^2 = उ \times \pi \times r^2$ । यही घेलनके घनफल निकालनेका गुण्य होना चाहिये ।

1) नोट—आयताकार, घनाकार और घेलनके आकार इत्यादिका डीक ठीक घरादना जिससे चारों ओर एक ही माप बतरे बड़ा कठिन काम है जिससे इनका दाम बहुत बड़ा हुआ रहता है और साधारण कारखानोंमें इनका

बनाना भी अगम्भव है। इगनिव मामूली ही ठोसोंमें काम लेना पड़ता है। अशुद्धि को कम करनेकेलिए एक ही नाप कई स्थानोंमें लेनी चाहिए। कल को ऊपर, नीचे और बीचमें तीन नाप अथवा तेहर उनकी औसत निकालें और इसी औसतको शुद्ध नाप समझें।

प्रयोग २०—एक बेलनका घनफल नापकर निकालना।

मीटर रूलसे औसत ऊंचाई और फैलीपरसे औसत व्यास नापकर लिखो और गुरुको सहारे घनफल निकाल लो।

प्रयोग २१—प्रयोग २० वाले बेलनके घनफलकी शुद्धता जानना।

यदि बेलन धातुका हो तो प्रयोग १६ की किसी रीतिसे अनुसार और उतरानेवाले पदार्थका हो तो प्रयोग १७ की किसी रीतिसे जिसमें सुभीता पड़े, घनफल निकालो और देखो, दोनोंमें कितना अन्तर पड़ता है।

इन दोनों प्रयोगोंमें शुद्ध नापनेकी कठिनाइयोंके कारण कुछ अशुद्धि रह जाती है। इसी अयुक्त्यको कम करनेकेलिए नीचे लिखी रीतिसे भी घनफल निकालते हैं।

प्रयोग २२—उसी बेलनका घनफल तोलकर निकालना।

पहले एक ऐसा आयताकार या घनाकार टुकड़ा उस पदार्थका लो जिसका बेलन बना हुआ हो। इसका घनफल औसत लम्बाई, चौड़ाई और ऊंचाई नापकर मालूम कर लो। इसको तोल लो और घनफलकी इकाइयोंकी संख्यासे तोलके भाग दे दो जिससे एक घन सेंटीमीटर पदार्थकी तोल मालूम हो जायगी। बेलनको तोलकर एक घन सेंटीमीटरकी तोलके भाग दे दो, यही बेलनका घनफल होगा। नापोंको इस प्रकार लिखो :—

आयताकार घस्तुकी औसत लम्बाई = ... सेंटीमीटर

" " चौड़ाई = ... "

" " ऊंचाई = ... "

∴ " का घनफल = ... घ० सेंटीमीटर

आयताकार घस्तुकी तोल = ... ग्राम

∴ १ घन सें० मी० पदार्थकी तोल

$$= \frac{\text{आयताकार घस्तुकी तोल}}{\text{आयताकार घस्तुके घनफलकी संख्या}} = \dots \text{ ग्राम}$$

घेलनकी तोल = ... ग्राम

$$\begin{aligned} \therefore \text{घेलनका घनफल} &= \frac{\text{घेलनकी तोल}}{1 \text{ घन सें० मी० पदार्थकी तोल}} \\ &= \dots \text{ घन सें० मी०} \end{aligned}$$

तीन धारकी औसत निकालो ।

और अधिक शुद्धता चाहते हो तो घेलनकी तोलको उस पदार्थके गुरुत्वसे भाग दो । इस गुरुत्वका अंक किसी अच्छी वैज्ञानिक पुस्तकसे लो । आगे चलकर यह भी धतलाया जायगा कि और आसानीसे किसी घस्तुका घनफल कैसे निकाला जाता है ।

उदाहरण १—एक बेजनकी लम्बाई ५ फुट और उसका अर्धव्यास $1\frac{1}{2}$ फुट है ; उसका घनफल कितना होगा ?

$$V = \pi \times r^2 \times h$$

जहाँ V बेजनका घनफल, r व्यासार्ध और h उसकी ऊंचाई अथवा लम्बाई है । इसलिए—

घनाना भी असम्भव है। इसलिए मामूली ही ठोसोंसे काम लेना पड़ेगा। अशुद्धि को कम करनेकेलिए एक ही नाप कई स्थानोंमें लेनी चाहिए। कम कम ऊपर, नीचे और बीचमें तीन नाप अवश्य लेकर उनकी औसत निकाल लें और इसी औसतको शुद्ध नाप समझें।

प्रयोग २०—एक बेलनका घनफल नापकर निकालना।

मीटर रूलसे औसत ऊंचाई और कैलीपरसे औसत व्यास नापकर लिखो और गुरुके सहारे घनफल निकाल लो।

प्रयोग २१—प्रयोग २० वाले बेलनके घनफलकी शुद्धता जान

यदि बेलन धातुका हो तो प्रयोग १६ की किसी रीति अनुसार और उत्तरानेवाले पदार्थका हो तो प्रयोग १७ की किसी रीतिसे जिसमें सुभीता पड़े, घनफल निकालो और देखो, दोनोंमें कितना अन्तर पड़ता है।

इन दोनों प्रयोगोंमें शुद्ध नापनेकी कठिनाइयोंके कारण अशुद्धि रह जाती है। इसी अचगुणको कम करनेकेलिए निम्नलिखी रीतिसे भी घनफल निकालते हैं।

प्रयोग २२—उसी बेलनका घनफल तोलकर निकालना।

पहले एक पेसा आयताकार वा घनाकार टुकड़ा का पदार्थका लो जिसका बेलन बना हुआ हो। इसका घन औसत लम्बाई, चौड़ाई और ऊंचाई नापकर मालूम कर लो इसको तोल लो और घनफलकी इकाइयोंकी संख्यासे तेल का भाग दे दो जिससे एक घन सेंटीमीटर पदार्थकी तैल मात्रा हो जायगी। बेलनको तोलकर एक घन सेंटीमीटरकी तैल मात्रा का भाग दे दो, यही बेलनका घनफल होगा। नापोंको इस प्रकार लिखो :—

आपताकार घस्तुकी औसत लम्बाई = ... मॅटीमीटर

" " चौड़ाई = ... "

" " ऊंचाई = ... "

∴ " का घनफल = ... घ० मॅटीमीटर

आपताकार घस्तुकी तौल = .. ग्राम

∴ १ घन मॅ० मी० पदार्थकी तौल

$$= \frac{\text{आपताकार घस्तुकी तौल}}{\text{आपताकार घस्तुका घनफलकी लम्बाई}} = .. \text{ ग्राम}$$

घेलनकी तौल = ... ग्राम

∴ घेलनका घनफल = $\frac{\text{घेलनकी तौल}}{१ \text{ घन मॅ० मी० पदार्थकी तौल}}$

= .. घन मॅ० मी०

मीन धारकी औसत तियालों ।

और अधिक शुद्धता चाहते हो तो घेलनकी तालकी उस धारके मुख्यसे भाग दो । इस मुख्यका एक बिंदी दूसरी धारिक मुख्यसे ला । आगे चलकर यह भी दस्तावेज पगा कि और आसानीसे बिंदी घस्तुका घनफल बंसे वाला जाता है ।

दशरथ १-एक घेलनका लंबाई ५ सेंटीमीटर, चौड़ाई ३ सेंटीमीटर, ऊंचाई २ सेंटीमीटर है, इसका घनफल कितना होगा ?

घन १० सेंटीमीटर

है । तो घ घेलनका घनफल, घ घनता है और घ घनका घनफल घ घनता है । इससे—

बनाना भी आसम्भव है। इसलिये मामूली ही ठोसोंमें काम लेना सदा! अशुद्धि को कम करनेकेलिये एक ही नाप कई स्थानोंमें लेनी चाहिए। कम ऊपर, नीचे और बीचमें तीन नाप अवश्य लेकर उनकी औसत और इसी औसतको शुद्ध नाप समझे।

प्रयोग २०—एक बेलनका घनफल नापकर निकालना।

मीटर रूलसे औसत ऊंचाई और फैलीपरसे औसत नापकर लिखो और गुणके सहारे घनफल निकाल लो।

प्रयोग २१—प्रयोग २० वाले बेलनके घनफलकी शुद्धता

यदि बेलन धातुका हो तो प्रयोग १६ की किसी अनुसार और उतरानेवाले पदार्थका हो तो प्रयोग १७ किसी रीतिसे जिसमें सुभीता पड़े, घनफल निकालो देखो, दोनोंमें कितना अन्तर पड़ता है।

इन दोनों प्रयोगोंमें शुद्ध नापनेकी कठिनाइयोंके कारण अशुद्धि रह जाती है। इसी अशुद्धि को कम करनेकेलिये लिखी रीतिसे भी घनफल निकालते हैं।

प्रयोग २२—उसी बेलनका घनफल तोलकर निकालना।

पहले एक ऐसा आयताकार या घनाकार टुकड़ा पदार्थका लो जिसका बेलन बना हुआ हो। इसका औसत लम्बाई, चौड़ाई और ऊंचाई नापकर मालूम हो इसको तोल लो और घनफलकी इकाइयोंकी संख्यासे भाग दे दो जिससे एक घन सेंटीमीटर पदार्थकी तोल हो जायगी। बेलनको तोलकर एक घन सेंटीमीटरकी भाग दे दो, यही बेलनका घनफल होगा। नापोंको लिखो :—

$$V = \pi \times \left(1\frac{1}{2}\right)^2 \times 4 \text{ घन फुट}$$

$$= 3.14 \times \frac{9}{4} \times 4 \text{ घन फुट}$$

$$= \frac{3.14 \times 9}{1} \text{ घन फुट}$$

$$= 28.26 \text{ घन फुट}$$

उदाहरण २—एक गोला कुंडकी गहराई १० फुट और गोलाई ३६ फुट है। इसमें कितना घन फुट पानी भरा जा सकता है और यदि एक फुट पानीकी तोल ३१.२५ सेर हो तो भरे हुए पानीकी तोल कितनी होगी?

$$\text{कुंडकी गोलाई} = 36 \text{ फुट}$$

$$\therefore \text{वसका अर्धगोलाई} = \frac{36 \text{ फुट}}{2}$$

$$= \frac{36 \text{ फुट}}{2 \times 3.14}$$

$$= 5.76 \text{ फुट}$$

$$\text{कुंडका घनफल} = \pi \times 5.76^2 \times 10 \text{ घन फुट}$$

$$= 3.14 \times 33.1776 \times 10 \text{ घन फुट}$$

$$= 1040.8 \text{ घन फुट}$$

एक घनफुट पानीकी तोल ३१.२५ सेर है, इसलि पानीकी तोल = $1040.8 \times 31.25 \text{ सेर} = 32432.5 \text{ सेर}$

अभ्यासार्थ प्रश्न-१०

(१) एक बेलनका व्यास १५.४ सें० मीटर और अंघाई २० सें० मीटर है तो वसका घनफल बताओ।

$$(1) \frac{\text{घृत्तसूचीका आयतन}}{\text{बेलनका आयतन}} =$$

$$(2) \frac{\text{गोलेका आयतन}}{\text{बेलनका आयतन}} =$$

यदि गोलेमें अन्नायधानी न हुई होगी तो घृत्तसूचीके आयतनको बेलनके आयतनमें भाग देनेपर $\frac{1}{3}$ और गोलेके आयतनको बेलनके आयतनमें भाग देनेपर $\frac{2}{3}$ आयेगा।

यदि एक गोला बेलन में होता है जिसकी भीतरी ऊंचाई और व्यास घृत्तसूची और गोलेकी ऊंचाई और व्यासके बराबर हो तो स्पष्टमें भी इन सम्बन्धोंकी शुद्धताकी जाँच की जा सकती है। इसकेलिये नीचेवाला प्रयोग करो।

प्रयोग २४—घृत्तसूची, गोला और बेलनका सम्बन्ध स्पष्टमें बताना।

पहले देखो, बेलनमें कितना पानी भरा जा सकता है। वही बेलनका आयतन होगा। पानी निकालकर बेलनको सुखा लो और घृत्तसूची बेलनके भीतर रखकर देखो अब कितने पानीसे बेलन भर जाता है और घृत्तसूची डूबी रहती है। पानीके इस आयतनको बेलनके आयतनसे घटानेपर घृत्तसूचीका आयतन मालूम होगा।

इसी तरह गोलेको भी बेलनके भीतर रखकर और पानी भरकर गोलेका आयतन निकालो।

नारोंको इस तरह लियो—

घृतसूचीका घनफल घेलनके घनफलका तिहाई होता है, जब घृतसूचीकी ऊँचाई और उसके आधारका व्यास क्रमसे घेलनकी ऊँचाई और व्यासके बराबर हों।

$$\therefore \text{घृतसूचीका घनफल} = \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times h \dots (1)$$

परन्तु घेलन, गोले और घृतसूचीकी ऊँचाइयाँ समान हैं और गोलेकी ऊँचाई और व्यास बराबर हैं, इसलिए $h = 2r$ और

$$\text{गोलेका घनफल} = \frac{4}{3} \times \pi \times r^3 \times 2 = \frac{8}{3} \times \pi \times r^3$$

यदि घृतसूचीकी ऊँचाई आधारके व्यासके समान न हो तो मुर यह होगा, घृतसूचीका घनफल $= \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times h$
(देखो मुर (१))

उदाहरण (१)—घृत-सूचीके आधारका व्यास ५ फुट है और ऊँचाई १२ फुट, तो उसका घनफल क्या है ?

$$घ = \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times h$$

जहाँ $घ$ = घृत-सूचीका घनफल,
 r = , व्यास,
 h = , की ऊँचाई.

\therefore दी हुई घृत-सूचीका घनफल

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{3} \times 1.14 \times (2.5)^2 \times 12 \\ &= 35.75 \times \text{घनफुट} \end{aligned}$$

(१)—एक गोलेका व्यास ४ इंच है तो उसका घनफल कितना है ?

घेलनको पानीसे भर देनेपर घूर्णक का चिन्ह = ...घ० सें० मी०

" " भरनेके पहले " = ...घ० सें० मी०

(१) \therefore घेलनका आयतन = ...घन सें० मी०

घृत्तसूचीको घेलनमें रखकर और पानीसे भर देनेपर
घूर्णक का चिन्ह = ...घ० सें० मी०

घृत्तसूचीको घेलनमें रखकर और पानीसे
भरनेके पहले घूर्णक का चिन्ह = ...घ० सें० मी०

(२) \therefore घृत्तसूचीके रहते हुए जितने
पानीसे घेलन भर जाता है वह = ...घ० सें० मी०

\therefore घृत्तसूचीका आयतन = (१) — (२)

इसी तरह गोलेका भी आयतन निकालो।

यदि यह उतरानेवाले पदार्थके हों तो आलपीनसे।
डुबा रखना चाहिए। इनसे भी वही सम्बन्ध निकलेगा।
तोलाकर आया है अर्थात्

$$\frac{\text{घृत्तसूचीका आयतन}}{\text{घेलनका आयतन}} = \frac{१}{२}$$

$$\frac{\text{गोलेका आयतन}}{\text{घेलनका आयतन}} = \frac{२}{३}$$

घृत्तसूची, और गोलोंके घनफल निकालनेके लिए
यह दिखाया जा चुका है कि,

$$घ = \pi r^2 \times उ$$

जहाँ घ = घेलनका घनफल, r = घेलनका व्यासार्ध
और उ = घेलनकी ऊँचाई।

अभ्यासार्थ प्रश्न—११

(१) एक लकड़ीकी बनी हुई छत-सूचीके आधारका व्यास १ फुट और उसकी ऊँचाई ६ फुट है। यदि १ घनफुट लकड़ीकी तोल १२ सेर हो तो सूचीकी तोल क्या होगी ?

(२) एक गोखले गोलेका व्यास १४ इंच है और मोटाई १ इंच, इसमें कितने घन इंच पानी लगी हुई है ?

(३) एक ग्लाकार धवरहरा ६० हाथ ऊँचा और १० हाथ व्यासमें है। इसके सिरेपर एक छद्म-गोलाकार गुम्बद है जिसका व्यास भी धवरहराके व्यासके बराबर है। उस धवरहरामें कितनी हवा है ?

(४) एक ८ इंच व्यासका गोला एक खोखले बेलनमें ठीक छँद जाता है और बेलनके सिरेके समतल रहता है, कितने पानीमें बेलनका खाली स्थान बिलकुल भर जायगा ?

(५) ८ सें० मी० लम्बे, ६ सें० मी० चौड़े और ५ सें० मी० मोटे ताम्बेके टुकड़ेमें ३ सें० मी० व्यासवाला छद्म-गोलाकार छेद कराया गया। कुल टुकड़ेका कौनसा भाग निकल गया ?

(६) एक छत-सूची, एक गोलाखंड और एक बेलनके आधार और ऊँचाई समान हैं। इनके घनफलका एक दूसरेसे क्या सम्बन्ध है ?

(७) एक शिवालय कुछ ऊँचाईतक बेलनके आकारका बना हुआ है, उसके ऊपर छत-सूचीके आकारका है। यदि छत-सूचीकी ऊँचाई कुल ऊँचाईका $\frac{1}{3}$ हो और शिवालयकी गोलाई कुल ऊँचाईका $\frac{1}{3}$ तो शिवालयका भीतरी आयतन क्या है जब उसका व्यास ३ गज है ?

(८) पृथ्वीका व्यास ८००० मील है तो यह कितना स्थान घेरे हुए है ?

(९) एक छत-सूचीमेंसे जिसके आधारका व्यास ५ इंच है और ऊँचाई ८ इंच एक दूसरी छत-सूची ३ इंच ऊँची ऊपरसे निकाल ली गयी तो बची

$$घ = \frac{4}{3} \pi r^3$$

जहाँ घ = गोलेका घनफल
 $r =$ " व्यासार्ध "

$$\therefore \text{दिये हुए गोलेका घनफल} = \frac{4}{3} \times 3.14 \times 2^3 \text{ घन इंच}$$

$$= \frac{4}{3} \times 3.14 \times 8 \text{ घन इंच}$$

$$= 33.49 \text{ घन इंच}$$

(३) पीतलके एक ठोस बेलनके एक सिरेपर एक छत-सूची लगा दी है जिसके आधारका व्यास बेलनके व्यासके समान है। यदि सूचीकी बेस बेलनके दूसरे सिरेतककी ऊँचाई ८ इंच हो और बेलनकी ऊँचाई ५ इंच तो उस कुलका घनफल क्या होगा ? बेलनके सिरेका व्यास २ इंच है।

$$\text{कुलका घनफल} = \text{छत सूचीका घनफल} + \text{बेलनका घनफल}$$

$$\text{छत-सूचीकी ऊँचाई} = 8 - 5 \text{ इंच} = 3 \text{ इंच}$$

$$\text{और उसके आधारका व्यास} = 2 \text{ इंच,}$$

$$\therefore \text{छत-सूचीका घनफल} = \frac{1}{3} \times \pi \times 1^2 \times 3 \text{ घन इंच}$$

$$= \frac{1}{3} \times 3.14 \times 3 \text{ घन इंच}$$

$$= 3.14 \text{ घन इंच।}$$

$$\text{बेलनकी ऊँचाई} = 5 \text{ इंच, व्यास} = 2 \text{ इंच}$$

$$\therefore \text{बेलनका घनफल} = \pi \times \left(\frac{2}{2}\right)^2 \times 5 \text{ घन इंच}$$

$$= 3.14 \times 2 \text{ घन इंच}$$

$$= 6.28 \text{ घन इंच।}$$

$$\therefore \text{कुलका घनफल} = 3.14 + 6.28 \text{ घन इंच}$$

$$= 9.42 \text{ घन इंच}$$

प्रयोग २५—पतले कांचकी नलीका व्यास नापना ।

नलीका एक मुँह मोम, काग या आंचसे बन्द कर दो । यदि आंचसे बन्द करो तो ग्लूय टंडा करनेके बाद पानी छोड़ो । नलीमें दो चिह्न ३, ४ इंचकी दूरीपर बनाओ और इसको ठीक सीधी रखी करो ।

पहले नीचेवाले चिह्नतक पानी (प्यूरटसे) भरो, प्यूरटके जिम चिह्नपर पानी हो उसको नेट-युक्तमें लिख लो । फिर बड़ी सावधानीसे दूसरे चिह्न-तक पानी भरो और प्यूरटमें पानी-नलके चिह्नको लिख लो । इन दोनोंका अन्तर उस पानीका घनफल होगा जो नलीके दोनों चिह्नोंके बीचमें अटता है ।

इसी प्रकार तीन बार इन दोनों चिह्नोंके बीचका घनफल निकालो । इस घनफलको दोनों चिह्नोंके बीचकी दूरीसे भाग देनेपर नलीके (cross section) मध्य-च्छेदका क्षेत्रफल निकल आवेगा । फिर तो मध्य-च्छेदका व्यास निकालना कुछ कठिन नहीं है ।

प्रयोग २६—किसी पतले तारका व्यास नापना ।

एक मोटरके लगभग लम्बा तार लेकर उसकी लम्बाई सावधानीसे नाप लो । इसको मोड़कर प्यूरटमें छोड़ो और देखो कितना पानी हटता है । बाकी बातें प्रयोग २५ के अनुसार करो ।

द्वारे द्विज-शिरा घटित-भूमीका (the frustum of the cone) का क्या होगा यदि इसका ऊपरी व्यास $1\frac{1}{2}$ इंच हो ?

तिपहल और ऋजु-भुज-सूचीका घनफल

जिस प्रकार घेहनके घनफल निकालनेका गुर निकाला गया है उसी भांति किसी (right prism) सम तिपहल चौपहल, पंचपहल, षट्पहल इत्यादिके घनफल निकालनेकी रीति समझायी जा सकती है, अर्थात् इन सबके किसी सिरे (आधार) क्षेत्रफलको दूसरे सिरेकी दूरीसे गुणा करो यही घनफल होगा।

इसकी सत्यता प्रयोग द्वारा यों जांचो। पहले नापकर आधारका क्षेत्रफल निकालो फिर ऊँचाई नापकर क्षेत्रफल को ऊँचाईसे गुणा करो।

नपना घटके द्वारा देखो कि उसके डुबोनेसे कितना पानी ऊपर उठता है।

ऋजु-भुज-सूचीके (Pyramid) घनफल निकालनेका गुर—

$$\text{घृत्त-सूचीका घनफल} = \frac{1}{3} \times \Pi \times \text{उ}$$

जहाँ Π घृत्तसूचीका व्यासार्ध है और उ उसकी ऊँचाई।

$$\text{घृत्त सूचीके आधारका क्षेत्रफल} = \Pi \times \text{उ}$$

$$\therefore \text{घृत्त सूचीका घनफल} = \frac{1}{3} \times \text{उ} \times \text{आधारका क्षेत्रफल}$$

ऋजु-भुज-सूचीका आधार त्रिभुज, चतुर्भुज, पंचभुज इत्यादि होता है। इसलिये इसका घनफल $= \frac{1}{3} \times \text{उ} \times \text{उ}$ भुजके आधारका क्षेत्रफल।

किन्नाग्रामके हजारवें भागको ग्राम कहने हैं, इसलिये यह स्पष्ट है कि एक घन सेंटीमीटर पानीकी मात्रा उस विशेष ताप-क्रमपर एक ग्राम होती है। छोटी बड़ी इकाइयोंका सम्बन्ध यह है—

$$१ \text{ मिलीग्राम (milligram)} = \frac{१}{१०००} \text{ ग्राम वा } .००१ \text{ ग्राम}$$

$$१ \text{ सेंटीग्राम (centigram)} = \frac{१}{१००} \text{ ग्राम वा } .०१ \text{ ग्राम}$$

$$१ \text{ डेसीग्राम (decigram)} = \frac{१}{१०} \text{ ग्राम वा } .१ \text{ ग्राम}$$

$$१ \text{ डीकाग्राम (Decagram)} = १० \text{ ग्राम}$$

$$१ \text{ हेक्टाग्राम (Hectogram)} = १०० \text{ ग्राम}$$

$$१ \text{ किलोग्राम (Kilogram)} = १००० \text{ ग्राम}$$

भारकी नाप

यह सभी जानते हैं कि जब कोई वस्तु ऊपरसे छोड़ दी जाती है तब वह पृथ्वीपर गिर पड़ती है अर्थात् उसको पृथ्वी खींच लेती है। जिस बलसे पृथ्वी किसी वस्तुको खींच लेती है उसको आकर्षण-शक्ति (force of attraction) अथवा गुरुत्वाकर्षण (gravitation) कहते हैं। जितने बलसे पृथ्वी किसी वस्तुको अपनी ओर अथवा अपने केन्द्रकी ओर खींचती है उसको उस वस्तुका भार कहते हैं। जो वस्तु किसी दूसरी वस्तुपर ठहरो हुई है उसमें भी भार होता है, अर्थात् उसको भी पृथ्वी खींच रही है। उसके न गिरनेका कारण वह दूसरी वस्तु है जो उसको धामे हुए है, जिससे वह स्वयम् दबती जा रही है। उदाहरणार्थ, जब कोई वस्तु

६-मात्रा और भार

मात्राकी नाप

किसी वस्तुके पदार्थमात्रको उस वस्तुकी (mass) कहते हैं। किसी वस्तुकी मात्रा कहनेसे उस वस्तुके पदार्थ परिमाणका बोध होता है। जब कहते हैं कि अंगूठीमें सोनेकी मात्रा कम है तब तात्पर्य यही होता है कि अंगूठी जिस पदार्थकी बनी हुई है वह अर्थात् सोना कम है।

जैसे लम्बाई, क्षेत्रफल, आयतन इत्यादिके नापनेकी इकाइयां होती हैं वैसे ही मात्राके नापनेकी भी इकाइयां होती हैं। ब्रिटिश राज्यमें जहाँ लम्बाईकी इकाई बड़ी सावधानीसे रखी हुई है वही (unit of mass) मात्राकी इकाई भी रखी हुई है। यह सेटिनमके एक टुकड़ेकी मात्रा है जो एक विशेष तापक्रमपर बड़ी सावधानीसे रखा रहता है। इस इकाईका नाम (pound or lb.) पाउंड है। छोटी और बड़ी ब्रिटिश मात्राकी इकाइयोंका सम्बन्ध यह है:—

१६ ड्राम	=	१ औंस
१६ औंस	=	१ पाउंड
१४ पाउंड	=	१ स्टोन

इत्यादि

मात्राकी मेट्रिक इकाईका (Metric unit of mass) नाम किलोग्राम (kilogram) है। यह सेटिनमके एक टुकड़ेकी मात्रा है जो बड़ी सावधानीसे एक विशेष तापक्रमपर रखा जाता है। इसकी मात्रा १००० घन सेंटीमीटर पानीके वजन के समान होती है, जब पानी एक विशेष तापक्रमपर हो।

किलोग्रामके हजारवें भागको ग्राम कहते हैं, इसलिए यह स्पष्ट है कि एक घन सेंटीमीटर पानीकी मात्रा उस विशेष ताप-क्रमपर एक ग्राम होती है। छोटी बड़ी इकाइयोंका सम्बन्ध यह है—

$$1 \text{ मिलीग्राम (milligram)} = \frac{1}{1000} \text{ ग्राम वा } '001 \text{ ग्राम}$$

$$1 \text{ सेंटीग्राम (centigram)} = \frac{1}{100} \text{ ग्राम वा } '01 \text{ ग्राम}$$

$$1 \text{ डेसीग्राम (decigram)} = \frac{1}{10} \text{ ग्राम वा } '1 \text{ ग्राम}$$

$$1 \text{ डीकाग्राम (Decigram)} = 10 \text{ ग्राम}$$

$$1 \text{ हेक्स्टोग्राम (Hectogram)} = 100 \text{ ग्राम}$$

$$1 \text{ किलोग्राम (Kilogram)} = 1000 \text{ ग्राम}$$

भारकी नाप

यह सभी जानते हैं कि जब कोई वस्तु ऊपरसे छोड़ दी जाती है तब वह पृथ्वीपर गिर पड़ती है अर्थात् उसको पृथ्वी खींच लेती है। जिस बलसे पृथ्वी किसी वस्तुको खींच लेती है उसको आकर्षण-शक्ति (force of attraction) अथवा गुरुत्वाकर्षण (gravitation) कहते हैं। जितने बलसे पृथ्वी किसी वस्तुको अपनी ओर अथवा अपने केन्द्रकी ओर खींचती है उसको उस वस्तुका भार कहते हैं। जो वस्तु किसी दूसरी वस्तुपर दहरी हुई है उसमें भी भार होता है, अर्थात् उसको भी पृथ्वी खींच रही है। उसके न गिरनेका कारण वह दूसरी वस्तु है जो उसको धामे हुए है, जिसमें वह स्थिर पड़ी जा रही है। उदाहरणार्थ, जब कोई वस्तु

हथेलीपर रखने हो तब यह हथेलीको दबाती हुई माना
 देती है। दबानेका कारण इसके अतिरिक्त और कुछ नहीं है
 कि पृथ्वी उसको खींच रही है और हथेलीपर वस्तुके दबने
 रहनेका कारण इसके अतिरिक्त और कुछ नहीं है कि हाथ
 बल पृथ्वीकी आकर्षण-शक्तिके प्रतिकूल लगकर उसके
 गिरनेसे रोक देता है।

यह याद रखना चाहिए कि किसी वस्तुकी मात्रा और
 उसके भारमें बहुत अन्तर होता है। मात्रा उस वस्तुका
 पदार्थमात्र है, परन्तु भार वह बन है जिससे वह वस्तु पृथ्वी
 की ओर खिंची जाती है। वस्तुकी मात्रा एकसी बनी रहने
 पर भी उसके भारमें कमी बेशी हो सकती है। पृथ्वीतलसे
 ऊपर ज्यों ज्यों चढ़ते जाओ त्यों त्यों वस्तुओंका भार कम
 होता जाता है अर्थात् जब वस्तु पृथ्वी के केन्द्रके पास रहती
 है तब उसका भार अधिक रहता है और दूर रहनेसे कम,
 यद्यपि मात्रामें कोई अन्तर नहीं आने पाता। पृथ्वी समान
 गोलाकार नहीं है, चरन् उत्तरी या दक्षिणी ध्रुवके जितने ही
 पास जाओ उतना ही केन्द्र भी पास होता जाता है, इसलिए
 वही वस्तु ज्यों ज्यों ध्रुवोंके पास होती जाती है, उसका भार
 अधिक होने लगता है।

भार नापनेकी इकाइयां पौण्डकी तोल किलोग्रामकी
 तोल, ग्रामकी तोल आदि हैं। जितने बलसे एक पौण्डकी
 मात्रा आकर्षित होती है उतने बलको पौण्ड-भार और जितने
 बलसे किलोग्रामकी मात्रा आकर्षित होती है उसको किलो-
 ग्राम-भार कहते हैं। इसी तरह भारकी और इकाइयोंका भी
 सम्बन्ध है।

मात्राका नापना

किसी वस्तुकी मात्रा जाननेकेलिए यह देखते हैं कि उसपर पृथ्वीकी आकर्षण-शक्ति कितना काम कर रही है अर्थात् उस वस्तुका भार क्या है। किलोग्रामका जितना भार होता है उतना ही भार यदि किसी वस्तुका हो तो उस वस्तुकी मात्राको एक किलोग्राम समझना चाहिये, चाहे यदि किसी वस्तुका भार एक पौण्ड मात्राके भारके समान हो तो उस वस्तुकी मात्रा एक पौण्ड समझना चाहिये, इत्यादि। जिन विशेष-मात्राओंसे किसी वस्तुकी मात्रा नापते हैं उनको बाँट कहते हैं और मात्रा नापनेको क्रियाको नापना कहते हैं क्योंकि इस क्रियामें किसी वस्तुकी एक मात्रा मात्राके भारसे तुलना की जाती है। इसीलिए किसी वस्तुके भारको उस वस्तुकी तोल कहते हैं जिसका तात्पर्य यह है कि यह वस्तु उस क्षात पदार्थके भारसे तुलनीय है।

तोलनेकेलिए जिस सामग्री विशेषकी आवश्यकता पड़ती है उसको तुला, तराजू (balance) या काँटा कहते हैं। तुला दो प्रकारके होते हैं जो दो भिन्न सिद्धान्तोंपर बनाये जाते हैं। साधारण तुला अर्थात् तराजूमें एक तुलादंड (beam) होता है जिसे धोचोंधोच धामनेकेलिए कुछ बना रहता है। इसी जगहसे तुलादंड घूमता है, और दो पलड़े घूमनेके पानसे समान दूरीपर ऊपर उधर लटकते रहते हैं। इस सिद्धान्त यह है—जब तुलादंड धोचोंधोचसे लटकाया जाय तो घरातलके समानान्तर हो जाय तब मध्यसे समान दूरीपर समान मात्राकी वस्तुओंके लटकानेसे भी यह घरातलके समानान्तर रहता है। यह दूरी जितनी जितनी होती

मात्राका नापना

कानेवाले लटकन कटियाके सहारे रखे रहते हैं। कटिया-के ऊपरी भागपर एक खुली छुरं नाली होती है, जिसका मध्यच्छेद पेसा (A) होता है। इसीके द्वारा छुरीकी धारपर कटिया और कटिया से धमे हुये पलड़े लटका करते हैं। तुलादंडके मध्यसे एक काँटा नीचेकी ओर लटका रहता है जो स्तंभपर हाथीदंतके घने हुये स्केलपर इधरसे उधर घूमता है। जब यह काँटा स्केलके मध्य चिन्हपर रहता है तब तुलादंड धरातलके समानान्तर समझा जाता है। तोलने-की घाटीकी इसी काँटेके कारण और भी अधिक हो जाती है, इसलिए अच्छी तुलाको प्रायः काँटा भी कहते हैं। सुनार अपनी तराजूको काँटा ही कहता है। जब तेल चुकते हैं, तुलादंडको एक पेचके सहारे उतार देते हैं, जिसमें छुरीकी धार तुलादंडके हिलने जुलनेसे जल्दी घिस न जायं, क्योंकि इन्हीं धारोंके शुद्ध रहनेसे मध्य रेखासे पलड़ोंकी दूरीकी समानता शुद्ध रह सकती है।

प्रयोग २७—तुलाके घट्टोंकी मांच

'द' दस्तेका दाहिनी ओर घुमानेसे तुलादंड उठ जाता है और पलड़े धारोंपर लटकने लगते हैं। देखो 'घ' काँटा 'ज' स्केलपर मध्य-चिन्हके इधर उधर समान दूरीपर आता जाता है। काँटा मध्य-चिन्हसे जिस ओर अधिक जाता है उसी ओरका पलड़ा हल्का होता है। दूसरे पलड़ेका भी इसीके समान करनेकेलिए उसी किनारेवाले (स्कू screw) पेचको भीतरकी ओर घसका देते हैं। ऐसे पेच (टियरी वा स्कू) किसी तुलादंडके दोनों किनारोंपर और किसीके एक ही किनारेपर होते हैं। चित्रमें केवल एक ही किनारेपर पेसा पेच 'ग' दिखाया गया है। जिसका पलड़ा हलका हो

१। बाँटोंको हाथमें कमी न लूना चाहिए क्योंकि हाथकी जखनाहट अथवा और किसी गन्दगीमें बाँट बिगड़ जाते हैं और उनकी तोलमें अन्तर पड़ जाता है।

तोलनेकी विधि यह है कि जिस वस्तुकी तोल जाननी है उसे धीरे धीरे पलड़ेपर धीरे-धीरे रग्यो, और अपने दाहिने हाथवाले पलड़ेपर पहले समयमें बड़ा बाँट रग्यो। बाँटा गाँ धोस्के जाने लगे, तो समझना चाहिये कि बाँट बहुत बड़ा है। इसको उठाकर वकसमें उसके नियत स्थानपर रग्यो और उसके दायाले छोटे बाँटको पलड़ेपर रग्यो। यदि अब भी बाँटका भार अधिक हो तो उसमें छोटे बाँटको रग्यो, इत्यादि। यदि बड़े बाँटको पहले रग्यो, फिर उससे छोटे और औरोंमें बड़ेको, कमी ऐसा न करो कि जब बड़ा बाँट बहुत भारी हो तब उसमें बहुत छोटा बाँट रखो। ऐसा करनेमें बहुत देर लगेगी तब कहीं तोल मकेगी। जब इतने बाँट रग्य चुको जिनसे बाँटा स्केलके मध्य चिह्नके दोनों दिशाओंमें बराबर दूरीतक धूमे तब बाँट-वकसमें उन स्थानोंको देखो जहाँसे बाँट हटाये गये हैं। घाली स्थानोंसे हटाये हुए बाँटोंका योगफल निकाल लो। यही उस तुलनेवाली वस्तुकी तोल है। अब पलड़ेमें उठाकर बाँट-वकसमें बाँटोंको उनके नियत स्थानमें रखते समय भी उनको जोड़ते बाँधो, और मिलाओ। देखो, पहला जोड़ ठीक है या नहीं। उससे दुबारा जाँच हो जायगी।

तोलनेके समय इन बातोंका ध्यान रखो :—

१—लटकी हुई सूचीसे जाँचो कि तुला समानान्तर धरा-लपर है या नहीं।

२—दस्तेको दाहिनी ओर घुमाकर देखो, काँटा स्केल में मध्य चिह्नकी दोनों दिशाओंमें बराबर घूमता है या नहीं। यह दोनों बातें ठीक न हों तो शिक्तकसे ठीक करा लो।

३—जो वस्तु तोलनी है वह बहुत गरम न हो। और भीगी ही हो। भीगी होनेसे पलड़ा खराब हो जायगा और गरम होनेसे हवाके हल्के भाँके उठेंगे जिनसे तोलमें झटका पड़ जायगा और ठंडा होते हुए वह वस्तु हवासे नमी सोखकर कुछ भारी भी होती जायगी।

४—जो वस्तु तोलनी हो उसे सदैव बाएँ पलड़ेपर रखो और बाँटोंको दाहिने पलड़ेपर। यह सावधानी बतल सुनीतेकेलिए की जाती है। बाँटोंको बार बार उठाव पड़ता है और यह काम दाहिने हाथसे हा लोग करते हैं। इसलिये बाँट-बक्सको दाहिने हाथके पास होना चाहिए और उसीके पासवाला पलड़ा अर्थात् दाहिना पलड़ा बाँटोंकेलिए प्रयोग करनेमें जल्दी होती है।

५—पलड़ेपर कोई वस्तु या बाँट उसी समय रखो ज तुलादंड स्तंभपर ठहरा हुआ हो। यदि तुलादंड टूँगा हुआ हो तो कदापि पलड़ेको न छूओ और न उसपर कोई वस्तु रखो, क्योंकि ऐसा करनेसे तुलादंडका भारी मिराव बारागी मुक जाता है और बड़े जोरका शब्द होता है। बाँटों के कारण छुरीकी धारोंपर बड़ी चोट लगती है, जिनसे यह बिस जाती है और तुला कुछ दिनमें निकम्मा हो जाता है। इसलिये जब कोई बाँट पलड़ेपरसे हटाना हो या पलड़ा रखना हो, दस्तेको बाएँ ओर घुमाकर तुलादंडको स्थिर कर दो तब हटाने और रखनेका काम करो। आरंभमें अभ्यास इस बातका करना चाहिये कि बायाँ हाथ दस्तों

१/२ औंस याँड, १/४ औंस-याँडकी तेल घामोंमें निकालो। फिर देखो? औंस भार कितने घाम-भारके समान होता है। सबकी औंसत निकालो। प्रयोग फलपृष्ठ ८७ परकेसे साँव घनाकर लिखो।

प्रयोग २६—एक घन सेंटीमीटर पानीकी तेल निकालना।

पहले एक थोकरको तेलो। यदि स्वच्छ न हो तो सूँधीकर कमसे कम बाहरी तलको अच्छी तरह पोंछ कर सुखा लो, तब तेलो। प्यूरटसे ३०, ४० या ४५ घन-सेंटीमीटर पानी थोकरमें छोड़ो और तेलो। पानी सहित थोकरकी जो तेल हो उसमेंसे थोकेले थोकरकी तेल घटा दो तो पानीकी तेल निकल आवेगी। फिर एक घन सेंटीमीटर पानीकी तेल निकाल लो।

नोट—एक घन सेंटीमीटर पानीकी तेल जाननेकेलिए एक सेंटीमीटर पानी नापकर कभी मत तेलो क्योंकि नापनेमें तनिकली भी अशुद्धि हो जानेसे वतारमें बहुत अशुद्धि हो जाती है। परन्तु यदि ३० वा ४० घन सेंटीमीटर पानीके साथ हुई तो उत्तर ठीक होवे। इसका कारण पहले बतलाया जा चुका है।

यों लिखो—

पानी सहित थोकरकी तेल	=	.....	ग्राम
केवल " "	=	.....	ग्राम
∴ पानीकी तेल	=	.....	ग्राम
प्यूरटका दूसरा चिह्न	=	.....	घ०सें०मी०
" पहला चिह्न	=	.....	घ०सें०मी०
∴ लियेहुए पानीका घनफल	=	.....	घ०सें०मी०

$$\text{एक घन सें० मी० पानीकी तेल} = \frac{\text{पानीकी तेल}}{\text{पानीका घनफल}} = \dots\dots$$

तीन बार मिश्र मिश्र घनफलका पानी लेकर तोलो और एक घन सेंटीमीटर पानीकी आसत तोल निकालो । स्थाने खींचकर लिखनेमें अधिक सुभोता होगा । यों लिखो—

भ्यूटका दूगरी चिह्न	भ्यूटका पहला चिह्न	पानीका घनफल	बीकर और पानीकी तोल	बीकरकी तोल	पानीकी तोल	एक घन सें० मी० पानीकी तोल

शेखर

प्रयोग करनेमें सावधानी रखी गयी होगी तो १ घ० सें० मी० पानी तैलमें १ ग्रामके लगभग होगा।

दूसरे प्रकारकी साधारण तुला चित्र २४ में दिखायी गयी है। इसमें एक तारका सर्पिल (spiral) होता है जिसके नीचेवाले सिरेपर कटिया होती है और ऊपरवाले सिरेपर एक छल्ला। नीचेवाले सिरेसे लगा हुआ एक काँटा (pointer) होता है जो सर्पिलके घड़नेसे नीचे उतरता है और मिकुड़नेसे ऊपर चढ़ जाता है। सर्पिलसे लगा हुआ एक स्केल होता है जिसपर चिह्न बने रहते हैं और इन्हीं चिह्नोंके पास अंक खुदे रहते हैं।



चित्र २५

१—किसी पतले तारके एक सिरेको पकड़कर दूसरे हाथसे किसी पेन्सिलके धारों धोर खपेटनेसे तारका जो रूप बन जाता है उसको सर्पिल (spiral) कहते हैं।



होता। इसलिए यदि ऐसी तुला धुवके पाम बनायी जाय जहाँ आकर्षण शक्तिकी अधिकतासे सर्पिल अधिक चढ़ता है और विषुवत् रेखापर (equator) काममें लायी जाय तो कुछ अधिक मात्रा रग्नेपर कांटा उचित चिह्नपर आवेगा अथवा यों समझो कि किसी वस्तुके लटकानेसे कांटा ? सेरके चिह्न-पर पहुँचता है; यदि उसी वस्तुके लटकाये हुए वह तुला ५ मील पृथ्वीलसे ऊपर ले जायी जाय तो गिन्चावके कम हो जानेसे भार कम हो जायगा और सर्पिल कुछ सिकुड़ जायगा जिम्में कांटा ? सेरके चिह्नसे कुछ ऊपर चढ़ जायगा।

अभ्यासार्थ प्रश्न-१२

१—किसी बम्बुकी मात्रा और उसके भारमें क्या सम्बन्ध है ?

२—किस प्रयोग वा मापनीके द्वारा यह बतनाया जा सकता है कि मात्रा वही रग्नेपर भी भारमें न्यूनाधिकता हो सकती है ?

३—करमीरमें कोई बम्बु कमानीदार तुलाके द्वारा तोलकर घरीदी जाय तो (१) लन्दन और (२) मदरासमें क्या उसकी तोल उतनी ही ठहरेगी ? अपने उत्तरका कारण भी लिखो।

४—साधारण तुला बनानेमें किन बातोंपर ध्यान देना पड़ता है ?

५—तुलाको प्रायः कांटा बहते हैं, इसका कारण लिखो।

६—किसी बर्तनका आयतन तोलकर कैसे निकालोगे ?

७—एक बोतलकी तोल ३५ ग्राम है। मुंहतक पानी भर देनेपर कुछ तोलमें ६८ ग्राम होता है तो बोतलका आयतन कितना है ?

८—ऊपरकी बोतलमें यदि शराब भर दी जाय तो कुछ तोलमें कितनी ठहरेगी, यदि एक घन सेंटीमीटर शराबकी तोल ०.८२ ग्राम हो ?

९—एक स्टोनमें कितने किलोमीटर होते हैं ?

१०—लकड़ीका एक टेढ़ा मेंड़ा टुकड़ा और उसीका एक आयताकार टुकड़ा दिया जाय तो टेढ़े मेंड़े टुकड़ेका घनफल बिना किसी बर्तनके कैसे निकालोगे ?

७-घनत्व

यह बहुधा सुना जाता है कि रई, लकड़ी, अनुमिनिक इत्यादि हल्के होते हैं और सीसा, पारा, चांदो, सोना इत्यादि भारी। तात्पर्य यह कि जो पदार्थ हल्के होते हैं, मात्रा थोड़ी होनेपर भी बहुत स्थान घेरते हैं; और जो भारी होते हैं वस्तु कम स्थान घेरते हैं, अर्थात् उनके कण बहुत पास पास होते हैं। घना जंगल, घनी बस्तीके अर्थ क्या हैं? थोड़े ही स्थानों जहां बहुतसे वृक्ष हों घना जंगल कहेंगे, और जिस बस्तीमें मनुष्य संख्या अधिक हो और स्थान कम, उसे घनी बस्ती कहेंगे। इसी तरह जो पदार्थ मात्रामें अधिक हो और स्थान कम घेरता हो उसे घना पदार्थ कहते हैं और पदार्थके इस गुणको घनत्व कहते हैं। परन्तु केवल इतना कह देनेसे कि यह पदार्थ घन है, उसके घनत्वका पूरा पता नहीं चलता, और वैज्ञानिक याताओंमें दुविधासे काम नहीं चलता। इसलिए पदार्थका घनत्व उसके एक विशेष आयतनकी मात्राको कहने लगे। इस विशेष आयतनका परिमाण घनफलकी कोई इकाई मानो जाती है। इकाइयोंके भिन्न होनेसे, मात्राओंका भी भिन्न होना स्वाभाविक है। वैज्ञानिक कार्योंमें आयतनकी इकाई घन सेंटीमीटर है और मात्रा की इकाई ग्राम, इसलिए किसी पदार्थका घनत्व उस पदार्थके एक घन सेंटीमीटरकी मात्रा घनत्व समझी जाती है।

घनत्वकी परिभाषा अच्छी तरह समझ लेनेपर इन पदार्थका घनत्व निकालना कुछ भी कठिन नहीं है। जिन पदार्थका घनत्व निकालना हो उसको घनी हुई किसी वस्तु का तोलना और उसका आयतन निकालकर एक घन सेंटी

नहीं सकते, इसलिये दो तीन बार इनको उसी द्रवसे खंघाल लेना चाहिये जिसका घनत्व निकालना हो। ऐसा करनेसे पानी निकल जाता है और द्रव शुद्धतापूर्वक नापा जा सकता है।

किसी पदार्थका घनत्व मालूम हो तो उसमें बनी हुई किसी वस्तुकी मात्रा नापकर आयतन और आयतन नापकर मात्रा जानी जा सकती है क्योंकि

किसी वस्तुका घनत्व = उस वस्तुकी मात्रा - उस वस्तुका आयतन

∴ उस वस्तुकी मात्रा = वस्तुका घनत्व × वस्तुका आयतन

और उस वस्तुका आयतन = $\frac{\text{उस वस्तु की मात्रा}}{\text{उस वस्तु का घनत्व}}$

उदाहरण (१)—एक ग्राम पारेका आयतन बतनाओ जब पारेका घनत्व प्रति घन सेंटीमीटर ११.५ ग्राम हो।

$$\text{घनत्व} = \frac{\text{मात्रा}}{\text{आयतन}}$$

$$\therefore ११.५ \text{ ग्राम} = \frac{१ \text{ ग्राम}}{१ \text{ ग्रामका आयतन}}$$

$$\therefore १ \text{ ग्राम पारेका आयतन} = \frac{१}{११.५} \text{ घन सेंटीमीटर}$$

$$= ०.०८६९ \text{ घन सेंटीमीटर}$$

(२) एक लीटर ग्लिसरीनकी मात्रा क्या होगी, यदि ग्लिसरीनका घनत्व प्रति घ० सें० मी० १.२६ हो ?

$$\text{ग्लिसरीनका घनत्व प्रति घन सेंटीमीटर} = १.२६ \text{ ग्राम}$$

$$\therefore १ \text{ घन सेंटीमीटर ग्लिसरीनकी मात्रा} = १.२६ \text{ ग्राम}$$

$$\therefore १ \text{ लीटर (१००० घ० सें० मी०) ग्लिसरीनकी मात्रा} = १.२६ \times १००० \text{ ग्राम} \\ = १२६० \text{ ग्राम}$$

उनका (Relative Density) आपेक्षिक घनत्व लिखा जाय तो काइयोंका भंगट दूर हो जाय, अर्थात् यदि पदार्थोंके घनत्वकी तुलना किसी ऐसे पदार्थमें की जाय जो आसानीसे मय कहीं गुड़ मिल सके और उनके घनत्वका इसी विशेष पदार्थके घनत्वमें जो संबंध हो वही लिखा जाय तो कुछ भी कठिनाई नहीं रहती। इसी संबंधको आपेक्षिक घनत्व कहते हैं। यह विशेष पदार्थ जिसके घनत्वसे पदार्थोंके घनत्वकी तुलना की जाती है पानी है। यही बात थोड़ेमें ये समझी जा सकती है।

$$\text{पदार्थका आपेक्षिक घनत्व} = \frac{\text{पदार्थका घनत्व}}{\text{पानीका घनत्व}}$$

उदाहरणार्थ, ताँबेका घनत्व प्रति घन सेंटीमीटर ८.६ ग्राम है, इसलिये उसका आपेक्षिक घनत्व

$$\begin{aligned} &= \frac{8.6 \text{ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर}}{1 \text{ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर}} \\ &= 8.6 \end{aligned}$$

नोट १—पानीका घनत्व एक विशेष तापक्रमपर १ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर है, और तापक्रमोंपर यह सदैव १ ग्रामसे कुछ कम होता है, परन्तु आचरण व्यवहारमें १ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर समझना अनुचित नहीं है।

नोट २—आपेक्षिक घनत्वमें कोई इकाई नहीं होती और जो अङ्क आपेक्षिक घनत्वको सूचित करता है उसी अङ्कके साथ “ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर” लिख देनेमें उसी पदार्थका घनत्व सूचित होने लगेगा।

आपेक्षिक घनत्वको सूचित करनेवाला अङ्क यह भी सूचित करता है कि पदार्थ पानीसे उतना गुना भारी है अर्थात्

अभ्यासार्थ प्रश्न-१४

(१) ६०० घन सेंटीमीटर गैरकी मात्रा घनताको; घनत्व ०.६ घन सेंटीमीटर है।

(२) ४० घन दूधका आयतन क्या होगा ? दूधका घनत्व प्रति घन सेंटीमीटर १.०३ घन है।

(३) किसी घन सेंटीमीटर गैरकी मात्रा में जल दिया जाय जिसकी मात्रा ३३.३ घन हो ? इस जलपत्रका घनत्व प्रति घन सेंटीमीटर १ घन है।

(४) एक कंघरी मशीन को लानेवाला रस्तेदार १० घन है। रस्ते में जानेपर ४० घन हो जाती है। पात्रका घनत्व १.३४ घन घन सेंटीमीटर है तो इस मशीन में किसका पानी भरा जा सकता है।

(५) चौथे घनताकी मशीन लम्बाई १५ सेंटीमीटर हो के रस्ते मीनरी क्यात क्या होगा ?

(६) रेडियममें एक घनकी लम्बाई चौड़ाई क्रमसे ४.० से० मी० और ३.३ से० मी० है। यदि इसकी लान ३ घन और घनत्व २१.४ घन की घन सेंटीमीटर हो तो मोटाई क्या होगी ?

८-आपेक्षिक घनत्व

पिछले अध्यायमें कहा जा चुका है कि किसी पदार्थका घनत्व उसके घनफलकी एक इकाईकी मात्राको कहते हैं और भिन्न भिन्न इकाइयोंमें लिखनेसे भिन्न भिन्न मात्राओंका बोध होता है। इसलिए घनत्वके साथ साथ आयतन और मात्राकी इकाइयोंका लिखना आवश्यक पड़ता है क्योंकि बिना इकाइयोंके लिखे दुविधा पनी रहती है। परन्तु इकाइयोंके लिखनेमें व्यर्थ समय नष्ट होता है, इसलिए बेल विचार किया गया कि पदार्थोंका घनत्व लिखनेके स्थान

नका (Relative Density) आपेक्षिक घनत्व लिखा जाय तो कार्योंका संकट दूर हो जाय, अर्थात् यदि पदार्थोंके नत्वकी तुलना किसी ऐसे पदार्थसे की जाय जो आसानी-से सब कहीं मुक्त मिल सके और उनके घनत्वका इसी विशेष पदार्थके घनत्वसे जो संबंध हो घड़ी लिखा जाय तो कुछ भी कठिनाई नहीं रहती। इसी संबंधको आपेक्षिक घनत्व कहते हैं। यह विशेष पदार्थ जिसके घनत्वसे पदार्थोंके नत्वकी तुलना की जाती है पानी है। यही बात थोड़ेमें ये समझी जा सकती है।

$$\text{पदार्थका आपेक्षिक घनत्व} = \frac{\text{पदार्थका घनत्व}}{\text{पानीका घनत्व}}$$

उदाहरणार्थ, तौलका घनत्व प्रति घन सेंटीमीटर ८.६ ग्राम है, इसलिए उसका आपेक्षिक घनत्व

$$= \frac{8.6 \text{ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर}}{1 \text{ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर}} = 8.6$$

नोट १—पानीका घनत्व एक विशेष तापक्रमपर १ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर है, और तापक्रमपर यह सदैव १ ग्रामसे कुछ कम होता है, परन्तु वास्तविक व्यवहारमें १ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर समझना अनुचित नहीं है।

नोट २—आपेक्षिक घनत्वमें कोई इकाई नहीं होती और जो अङ्क आपेक्षिक घनत्वको सूचित करता है उसी अङ्कके साथ “ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर” लिपि देनेसे उसी पदार्थका घनत्व सूचित होने लगेगा।

आपेक्षिक घनत्वको सूचित करनेवाला अङ्क यह भी सूचित करता है कि पदार्थ पानीसे उतना गुना भारी है अर्थात्

विज्ञान प्रवेशिका

उसका गुरुत्व पानीके गुरुत्वसे उतना ही गुना अधिक है। इसीलिए आपेक्षिक घनत्वको निश्चित गुण (Specific Gravity) भी कहते हैं।

आपेक्षिक घनत्वकी परिभाषा दो तरह कही जाती है। एक तो घड़ी जो ऊपर घतलायी जा चुकी है और दूसरे परिभाषा पहलीका ही एक दूसरा रूप है जो यों निम्न जाती है।

किसी पदार्थका आपेक्षिक घनत्व = $\frac{\text{उस पदार्थका घनत्व}}{\text{पानीका घनत्व}}$

$$\therefore \text{किसी पदार्थका आ० घ०} = \frac{? \text{ घन सें० मी० पदार्थकी मात्रा}}{? \text{ घन सें० मी० पानीकी मात्रा}}$$

$$= \frac{क \times ? \text{ घ० सें० मी० पदार्थकी मात्रा}}{क \times ? \text{ घ० सें० मी० पानीकी मात्रा}}$$

क्योंकि किसी मिश्रणके अंश और हरको एक ही गुणा करनेपर मिश्रणके मानमें कोई अन्तर नहीं पड़ता। 'क' किसी अङ्कके स्थानमें व्यवहार किया गया है।

$$\therefore \text{उस पदार्थका आ० घ०} = \frac{क \text{ घ० सें० मी० पदार्थकी मात्रा}}{क \text{ घ० सें० मी० पानीकी मात्रा}}$$

$$= \frac{क \text{ घ० सें० मी० पदार्थकी मात्रा}}{\text{पानीके उतने ही घनफलकी मात्रा}}$$

$$= \frac{\text{पदार्थकी वनी हुई किसी वस्तुकी मात्रा}}{\text{उतने ही आयतनवाले पानीकी मात्रा}}$$

इसलिए दूसरी परिभा

विमान प्रवेशिका

(३) यदि सोदेके एक टुकड़ेकी लम्बा ४९ ग्राम हो और आपेक्षिक घनत्व ७.८ हो तो उस टुकड़ेका आयतन कितना है ?

सोदेके टुकड़ेकी मात्रा
लोगेका आ० घ० = उसी आयतनवाले पानीकी मात्रा

४९ ग्राम

∴ ७.८ = $\frac{49 \text{ ग्राम}}{\text{उसी आयतन वाले पानीकी मात्रा}}$

उसी आयतन वाले पानीकी मात्रा = $\frac{49 \text{ ग्राम}}{7.8}$

= ६.०३ ग्रामके लगभग

परन्तु एक घन सेंटीमीटर पानीकी मात्रा = १ ग्राम

∴ ६.०३ ग्राम पानीका आयतन = ६.०३ घन सें० मी०

∴ सोदेके टुकड़ेका आयतन = ६.०३ घन सें० मी०

आपेक्षिक घनत्व नापनेकी शीशी

मात्रा और आयतन नापनेके जितने नियम बतलाये गये हैं वह सब आपेक्षिक घनत्वके मापन करनेके लिए प्रयोग किये जा सकते हैं और इनसे सभी पदार्थोंके आ० घ० ज्ञेय जा सकते हैं। परन्तु थोड़े समयमें और अधिक शुद्ध पूर्वक द्रवों और छोटी छोटी वस्तुओंका आ० घ०, आपेक्षिक घनत्व नापनेकी शाशीसे निकाला जाता है। ऐसी शाशिये में २५, ५० वा १०० ग्राम तक शुद्ध पानी भरा जा सकता है जिसमें जितना शुद्ध पानी भरा जा सकता है उसपर व मान लिखा रहता है और तापक्रम भी लिखा रहता है। इन में घिसे हुए काँचकी डाट बड़ी सफाईसे लगायी जा सकती है। किसी शीशीमें पानी भरकर डाट ठीक बैठायी जाय तो डाट और पानीके बीच कुछ हवा रह जाती है। इस अवगुण को दूर करनेके लिए आ० घ० नापनेकी शीशीकी डाटमें एक बहुत धीरेसे धीरे धींचोंधींच या बगलमें होता है। जब

द्रव भरकर डाटको धीरेसे मुहमें बैठा देते हैं, तब डाटसे हटा हुआ पानी इसी छेदके मार्गसे बाहर निकल पड़ता है। इस अवस्थामें जितना शुद्ध पानी उसमें भरा रहता है उसीको मात्रा शीशीपर खुदे हुए मानको सूचित करती है। ऐसी एक शीशीका चित्र यहांपर दिया जाता है (चित्र २६)।

प्रयोग ३०—स्पिरिटका आपेक्षिक घनत्व निकालना।

आपेक्षिक घनत्वके नापनेकी शीशी लेकर देखो स्वच्छ और सूखी है कि नहीं। यदि स्वच्छ न हो तो सूख धोकर सुखा लो। जल्दीमें किसी यर्तनके सुखानेकी विधि यह है। •



पैरकी धौंकनीकी लंबी स्वर-नलीमें एक चित्र २६ काँच-नली जिसकी लम्बाई एक फुटके लगभग हो लगा दो। जो सिरा स्वर-नलीमें लगा हुआ हो उसको दाहिने हाथसे पकड़कर काँच नलीके मध्य भागको आंचमें या लम्पकी लौमें पेलनकी तरह घुमाते हुए रखो और पैरसे धौंकनी चलाते जाओ, हवा मध्य भागसे होकर निकलेगी और काँचकी गर्मीसे गरम भी हो जायगी। काँच-नलीके दूसरे सिरको शीशी, फ्लास्क या बीकरके पेंड्रेतक कर दो, परन्तु पेंदा छू न जाय। इनको बाएँ हाथसे घुमाते जाओ, नहीं तो एक ही स्थानपर अधिक गरमी पहुँचनेसे काँच चटख जायगा। थोड़ी देरतक ऐसा करनेसे यर्तन बिल्कुल सूख जायगा। सूखनेपर गूथ टंडा करके डाट लगाओ और तोलो।

निकालकर स्पिरिटसे शीशीको लथालथ भर दो और बड़ी सावधानीसे ढाट रखो। बाहरी भाग खूब अच्छी तरह पोंछ कर तोलो। दोनों तेलोंका अन्तर उस स्पिरिटमें तोल होगी जो शीशीमें भरी जा सकती है। तेलोंको इस तरह लिखो—

स्पिरिटसे भरी हुई आ० घ० की शीशीकी तेल = ... ग्राम
केवल " " तेल = ... ग्राम

शीशीमें अँटनेवाली स्पिरिटकी तेल = ... ग्राम

इस तेलको उस पानीकी तेलसे भाग दो जो शीशीमें भरा जा सकता है। यदि शीशीमें यह लिखा हुआ है तो बहुत अच्छा है नहीं तो शुद्ध पानी उसी सावधानीसे भर कर उसकी भी तेल निकाल लो।

प्रयोग ३१—बालूका आ० घ० निकालना।

शीशीको तेलकर उसमें आधेके लगभग साफ़ पानी भर दो और तोलो।

थोड़ा थोड़ा शुद्ध पानी शीशीके भीतर बालूमें छोंका जिसमें बालूके ऊपरतक पानी हो जाय। फाँचके कलमसे बालूको सावधानीसे हिलाओ जिससे बालूमें चिपटी हुई हवा सब निकल जाय पर कलम निकालते समय बालूका कण बाहर न चला जाय। तब पानी भरकर उलगा दो और बाहर खूब पोंछ कर तेल डालो। तेलों इस तरह लिखो—

आ० घ० की शीशी और बालूकी तेल = ग्राम
शीशीकी तेल = ग्राम

$$\therefore \text{ली हुई वालूकी तोल} = \dots\dots \text{ग्राम}$$

$$\therefore \text{पानीसे भरी हुई शीशीकी तोल और} \\ \text{वालूकी तोल} = \dots\dots \text{ग्राम}$$

$$\text{वालू और पानीसे भरी हुई शीशीकी तोल} = \dots\dots \text{ग्राम}$$

$$\therefore \text{वालूसे हटे हुए पानीकी तोल} = \dots\dots \text{ग्राम}$$

$$\therefore \text{वालू का आ० घ०} = \frac{\text{वालूकी तोल}}{\text{वालूसे हटे हुए पानीकी तोल}}$$

प्रयोग ३२—नूतियाका आ० घ० निकालना ।

शीशीको तैलकर उसमें नूतियाके अच्छे और साफ छोटें छोटें रवे = १० ग्रामके लगभग रवों और तोलो । दोनों तोलोंका अन्तर रवोंकी तोल होगी ।

रवोंको शीशीमेंसे बाहर न निकालो धरन् उसीके साथ या तो नूतियाका (saturated solution) संवृत घोल या और कोई द्रव जिसमें तोली हुई नूतिया घुल न सके भरो, डाट लगा दो और बाहरी भाग अच्छी तरह पोंछ कर तोलो । यह नूतिया और घोल या द्रवसे भरी हुई शीशीकी तोल होगी ।

नूतिया और द्रवको निकाल डालो, दो तीन बार शीशीको स्वच्छ घोल या द्रवसे खँघाल डालो और फिर उसी घोल या द्रवको शीशीमें भरकर तैल लो । तोलोंको इस तरह लिखो—

$$\text{शीशी और नूतियाके रवोंकी तोल} = \dots \text{ग्राम}$$

$$\text{केवल शीशीकी तोल} = \dots \text{ग्राम}$$

विज्ञान प्रयोगिका

- \therefore तृतियाके रघोंकी तोल = ... ग्राम
 द्रव या घोलसे भरी हुई शीशीकी तोल = ... ग्राम
 \therefore द्रव या घोलने भरी हुई शीशी और
 तृतियाके रघोंकी तोल = ... ग्राम
 तृतिया और द्रव या घोलसे भरी हुई
 शीशीकी तोल = ... ग्राम
 \therefore तृतियासे दृष्टे हुए द्रव या घोलकी तोल = ... ग्राम
 द्रव या घोलसे भरी हुई शीशीकी तोल = ... ग्राम
 केवल शीशीकी तोल = ... ग्राम
 \therefore शीशीमें भरे हुए द्रव या घोलकी तोल = ... ग्राम

शीशीमें भरे हुए पानीकी तोल शीशीपर लुढ़ी हुई है।
 वैराशिक द्वारा यह जाना जा सकता है कि जितना द्रव
 घोल तृतियासे दृष्ट जाता है उसके स्थानमें यदि पानी हो
 तो कितना दृष्टता। यस रसी पानीकी तोलसे तृतिया
 तोलको भाग दे दो। भजनफल तृतियाका आपेक्षिक घन
 होगा।

उदाहरण—(१) एक चूर्णका आ० घ० नीचे दी हुई तोल
 निकालो— शीशीकी तोल २५ ग्राम, शीशी और चूर्णकी तोल ४० ग्राम
 पानीसे भरी हुई शीशीकी तोल ५० ग्राम, और चूर्ण और पानीसे भरी
 शीशीकी तोल ६३ ग्राम है।

शीशी और चूर्णकी तोल

= ४०

शीशीकी तोल

= २५

चूर्णकी तोल

= १५

पानीसे भरी हुई शीशीकी तोल

= ५०

पानीसे भरी हुई शीशी और चूर्णकी तोल = ६५

परन्तु चूर्ण और पानीसे भरी हुई शीशीकी तोल = ६३

घूर्णमे हटे हुए पानीकी तोल

= २ ग्राम

$$\text{घूर्णका आपेक्षिक घनत्व} = \frac{१५ \text{ ग्राम}}{२ \text{ ग्राम}}$$

$$= ७.५$$

(२) एक ५० घ० सें० मी० की आ० घ०की शीशीके द्वारा नीचे लिखी हुई तोल मापन की गई—

शीशीकी तोल = २०.२५ ग्राम

मिषी और शीशीकी तोल = ४५.७५ ग्राम

मिषी और अल्कोहलसे भरी हुई शीशीकी तोल = ७३.७५ ग्राम

केवल अल्कोहलसे भरी हुई शीशीकी तोल = ६०.२५ ग्राम
तो मिषीका आ० घ० निकालो।

मिषी और शीशीकी तोल

= ४५.७५ ग्राम

शीशीकी तोल

= २०.२५ ग्राम

∴ मिषीकी तोल

= २५.५० ग्राम

अल्कोहलसे भरी हुई शीशीकी तोल

= ६०.२५ ग्राम

∴ अल्कोहलसे भरी हुई शीशी और मिषीकी तोल

= ८५.७५ ग्राम

अल्कोहल और मिषीसे भरी हुई शीशीकी तोल

= ७३.७५ ग्राम

∴ मिषीमे हटे हुए अल्कोहलकी तोल

= १२.०० ग्राम

अल्कोहलसे भरी हुई शीशीकी तोल

= ६०.२५ ग्राम

शीशीकी तोल

= २०.२५ ग्राम

∴ शीशीमें भरे हुए अल्कोहलकी तोल = ४०.०० ग्राम

परन्तु शीशी ५० घ० सें० मी० की है,

इसलिए ४० ग्राम अल्कोहलका घनफल = ४० घ० सें० मी०

$$\text{और } १२ \text{ ग्राम " " " } = \frac{१२ \times ५०}{४०}$$

$$= १५ \text{ घ० सें० मी०}$$

अर्थात् मिषीका घनफल = १५ घ० सें० मी०

∴ इतने ही घनत्व वाले पानी की तोल = १५ ग्राम

∴ मिथीका आ० घ० = $\frac{35.25 \text{ ग्राम}}{15 \text{ ग्राम}}$
= १.७

अभ्यासार्थ प्रश्न-१५

(१) एक पदार्थ का घनत्व ८.६ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर है तो एक घनत्व प्रति घनफुट पौन्डों में क्या होगा ? (१ पौन्ड = ४५३ ग्र. १ इंच = २.५४ सें० मी०)

(२) एक आयताकार टोमकी लम्बाई, चौड़ाई, और ऊंचाई क्रम ३.५४ सेंटीमीटर, ३.२४ सें० मी० और २.८५ सें० मी० है। यदि उसका आ० घ० ७.३ हो तो उस टोमकी तोल कितनी होगी ?

(३) एक लकड़ी के गोले की तोल ३५ ग्राम है और उस लकड़ी के आयतन घनत्व ०.७५ है तो उस गोले का व्यास क्या है ?

(४) एक ताँबे के तार की लम्बाई ३.५ मीटर, तोल १.५ ग्राम और आ० घ० ८.६ है तो तार की मोटाई क्या है ?

(५) २०.५५ सें० मी० लम्बा ६.७५ सें० मी० चौड़ा रैडियम का एक तेल में ८.५४ ग्राम होता है तो उसकी मोटाई क्या होगी ? (रैडियम का आ० घ० = २१.५)

(६) एक ५० घन सेंटीमीटर वाली शीशे की तोल १८ ग्राम है। यदि १५ ग्राम तक्रेद घालू रखकर शीशे पानी से भर दी जाय तो शीशे की तोल क्या होगी ? (घालू का आ० घ० = २.६)

(७) एक रुपये की तोल १८० घेन है। यदि इसका आ० घ० १०.४ है तो इतने ही आयतन वाले सोने के एक टुकड़े की तोल क्या होगी ?

(८) सोने की एक जंजीर की तोल १०.५४ ग्राम है। स्पूरट में डुबो लेते ७५ घ० सें० मी० पानी और चढ़ जाता है ; तो जंजीर का सोना शुद्ध है या मिलावटी ? सोने का आ० घ० १९.३ है।

(६) पानीमें भरी हुई आ० घ० की शीशीमें तोल ४४ ग्राम है। १० ग्राम सोडेका बुग्गदा रागकर शीशी फिर भर दी गयी तो कुल तोलमें ५२.० ग्राम आता। लोहेका आ० घ० क्या है ?

(१०) एक आ० घ० की शीशी तोलमें ७७ ग्राम है। पानीसे भर देनेपर तोलमें ७६.६२ ग्राम होती है। यदि अल्कोहल भरकर शीशी तोली जाय तो क्या टहरेगी ? (अल्कोहलका आ० घ० ०.८ ग्राम)

(११) एक स्पष्ट द्रव पानी सा दीयता है। किन् प्रयोगोंसे यह सिद्ध किया जा सकता है कि यह द्रव पानीके मित्राद्य और कुछ नहीं है ?

(१२) लकड़ीका एक टुकड़ा मेंड़ा छोटा टुकड़ा दिया जाय तो उसका आ० घ० कैसे निकालोगे ?

६-अर्कमीदिसका सिद्धान्त

लकड़ीका कोई टुकड़ा जब पानीमें कुछ ऊपरसे गिराया जाता है, पहले पानीके भीतर चला जाता है, थोड़ी ही देरमें पानी इसे ऊपर फेंक देता है और यह तैरने लगता है। लकड़ीके गिरने और पानीमें घुसनेका कारण तो पृथ्वीकी आकर्षण शक्ति है परन्तु ऊपर फेंकनेका कारण पानी है। इस फेंकनेको 'उद्घाल' (upthrust) कहते हैं।

तैरती हुई वस्तुपर आकर्षण शक्ति और पानीकी उद्घाल दोनों काम कर रहे हैं। परन्तु तैरती हुई वस्तु पानी-तलपर धमकी रहती है इसलिए यह दोनों शक्तियाँ समान बल लगाती होंगी, जैसे एक वस्तुको जब दो मनुष्य एक दूसरेके प्रतिकूल समान बलसे खींच रहे हों तो वह वस्तु अपने स्थानपर स्थिर रहेगी और ज्योंही एकका बल दूसरेसे अधिक होगा त्योंही वह प्रबलकी ओर चल पड़ेगी।

यह बहुधा देखनेमें आता है कि कोई तैरती वस्तु पानीमें

अधिक दूरी रहती है और कोर कम। यदि शीशम, माप नीम-चमेलो इत्यादिके गूनें टुकड़े पानीमें छोड़े जायें तो माप लकड़ीपाले टुकड़ोंका अंग मयने अधिक दूरी रहेगा और हलकी लकड़ीका बहुत ग्रा अंग ऊपर रहेगा। इसमें यह स्पष्ट चलता है कि भारी वस्तु पानीमें अधिक दूरी है और कोर कम। जो वस्तु अधिक दूरी है वह पानीको भी अधिक दृष्टाती है। इसलिए तैरनेवाली वस्तुओंमें यही अधिक स्पष्ट दृष्टाती है जो अधिक भारी होती है। यह पान नागर पाले बहुत अच्छी तरह जानते हैं कि जब नावमें चढ़ जाते हैं तब यह बहुत दूरी जानी है और ज्यों ज्यों उतरने लगते हैं त्यों त्यों उतराती जानी है। इससे मान होता है कि तैरती हुई चीज़के भारीपन और द्रुप पानीके आयतनमें कुछ सम्यन्ध है। यह किसी प्रयोगे जांचना चाहिए।

प्रयोग ३३- जलती हुई वस्तुके भार और उसमें हरे सम्बन्ध जानना।

एक लम्बी परख नली (test tube) लेकर तोलो और ४ घन सेंटीमीटर पानी रखकर, मुहको पतले डोरसे १०० घन सेंटीमीटरपाले नपना-घटमें लटकाओ। पहले घटमें ७०, ८० घन सेंटीमीटर पानी भरकर पानी चिह्नको लिखलो। जिस समय परख-नली तैरने लगे, डे छोड़ दो और देखो कि उसके तैरनेसे पानी कितना चढ़ता है, अथवा हटता है। परख नली तैरती हुई किनारे लग जाती है और दोनोंके बीचमें ज़रासा पानी चढ़ जाता है। इस चढ़े हुए पानीके तलका चिह्न हरे पानीका आयतन जाननेकेलिए कभी मत लो। जिस

का तल प्रायः समतल हो उसी जगहके चिह्नको लिख
: चाहिए ।

नलीमें ४ घन मॅट्रोमीटर पानी और छोड़कर देगो पानी
ना और चढ़ता है । इसी तरह तीन तीन या चार चार
सेमी० पानी छोड़ने जाओ और हटे हुए पानीका आयतन
ले जाओ । जिस समय परख-नलीमें पानी इतना हो
। कि ज़रामा और छोड़नेपर यह बिलकुल डूब जाय उस
य देगो पानी कितना हटा है ? परख-नलीमें नया हुआ
। धूरटमें छोड़ना चाहिए जिसमें शुद्धता भी हो और
नेकी आसानी भी हो । फिर यों लिखो—

प-नली	मपना-घटके	नपना-घटके	हटे हुए पानीका	हटे हुए
पानीकी	पानी-तलका	पानी तलका	आयतन वा	पानीकी तोल
तोल	पढ़ता चिह्न	दूसरा चिह्न	दूसरा चिह्न—	
			पढ़ता चिह्न	
ग्राम)	(५० से०मी०)	(५० से०मी०)	(५० से० मी०)	(ग्राम)

यदि प्रयोग सावधानीसे किया जायगा तो पहले
लम और अन्तिम कालमकी तोल लगभग समान होंगी,
ससे यह सिद्ध हो जायगा कि तैरनेवाली वस्तु अपनी तोल-
समान पानी हटाती है अर्थात् तैरनेवाली वस्तुका उतना ही
यतन पानीके भीतर रहता है जितने आयतनवाले पानीकी
ल उम वस्तुकी तोलके समान हो । जिस समय परख-नली
नीके भर जानेसे डूबने लगेगी उस समय उसकी तोल सारी
ख-नलीसे हटे हुए पानीकी तोलके बराबर होगी ।

पानीके स्थानमें किसी और द्रवको लेकर इसी तरह पर प्रयोग और करो तो प्रकट हो जायगा कि हटे हुए द्रवके तेल तैरनेवाली वस्तुकी तेलके बराबर होती है अर्थात् तेले हुए वस्तु अपने ही भारके समान द्रवको हटाती है।

परन्तु तैरती हुई वस्तुका भार = द्रवकी ऊपरी उछाल

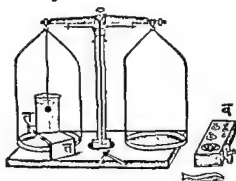
∴ द्रवकी ऊपरी उछाल = हटे हुए द्रवका भार

अब यह देखना चाहिये कि डूबनेवाली वस्तुपर भी पानी की उछालका कुछ प्रभाव होता है या नहीं। यह तो मनी जानते हैं कि पानीमें डूबनेवाली चीज़ें कुछ हलकी मान होती हैं। पानी भरा हुआ कलसा जयनक पानीमें रहता बहुत हलका मालूम होता है, पर ज्यों ही पानीके ऊपर आता भारी हो जाता है। इससे यह प्रत्यक्ष है कि पानीकी उछालका प्रभाव डूबनेवाली वस्तुपर भी पड़ता है क्योंकि पानीमें डूबने पर हलके होनेका कारण इसके सिवा और कुछ नहीं है अनुमान तो यह होता है कि डूबनेवाली वस्तुसे जितना पानी हट जाता है उतनी ही उछाल उस वस्तुपर पड़नेसे उसका भार कम होजाता होगा, अर्थात् उतने ही भारसे वह वस्तु हलकी हो जाती होगी। इसकी जांच प्रयोगसे करनी चाहिए

प्रयोग ३४—डूबनेवाली वस्तु पानीमें कितनी हलकी हो गई और उससे कितना पानी हट जाता है ?

उस वस्तुको हलके सूतके डोरेमें बांधकर तुलाकी कटि में लटका दो। डोरा इतना लम्बा होना चाहिये कि वस्तु लटकती हुई वस्तु पानीसे भरे हुए बीकरमें डुबोकर तेली सके। वस्तुको साधारण रीतिसे तेल लो। इसी तेलने हवामें तेलना कहते हैं। पलड़ेके ऊपरसे एक तिपार तुलाके

जेपर इमतरह रम्यो कि तिपारं पलङ्गेमें या पलङ्गेके लटकनसे
 नहीं न छू जाय । इमी तिपारंपर घीकरमें पानी भरकर रम्यो ।
 तना पानी न भर दो कि घस्तुके डुबोनेपर पानी घीकरसे
 बाहर निकल पड़े और पलङ्गेपर पड़कर तुला को बिगाड़ डाले,
 एन्तु इतना पानी अवश्य रहे कि तुलादंडके उठानेपर भी
 वह घस्तु पानीके बाहर न आ सके और न पानी-तलसे छू ही
 जाय । इस बातका भी ध्यान रम्यो कि तौलते समय घस्तु



चित्र २७ त-तिपारं, व-वाट बकरत ।

तीकरको भी छूने न पाये । पानीमें तौलनेसे घस्तुका भार कुछ
 कम हो जायगा । भार जितना कम हो गया, उतनी ही उस
 घस्तुपर पानीकी उछाल समझनी चाहिए, क्योंकि पानीकी
 उछाल ऊपरकी ओर भारके ठीक प्रतिकूल काम करती है ।

तीन बार इस
 बका

उस घस्तुको
 नपना घटसे
 लिखो—

यस्तुका भार हगामें	यस्तुका भार पानी- में	पानीमें भारकी कमी	पानीकी ऊपरी बढ़ाव	यस्तुका भार- तन या यस्तुमें हटे हुए पानीका आयतन	यस्तुमें हटे पानीका

चाये और छूटे कालमकी तोल बराबर होनी चाहिए। इसका सारांश यह हुआ—पानीकी ऊपरी बढ़ाव हटे हुए पानीके भार के समान होती है। इसीको (principle of Archimedes) अर्कमीदिसका सिद्धान्त कहते हैं। यह सिद्धान्त सभी द्रवों के लिए ठीक उतरता है इसलिए साधारणतः इसे यों लिखते हैं—

कोई वस्तु किसी द्रवमें पूरी डूबी हो या थोड़ी, उसपर द्रवकी जमी बढ़ाव हटे हुए द्रवके भारके बराबर होती है।

इस सिद्धान्तके सहारे किसी ठोस या द्रवके घनत्व, आपेक्षिक-घनत्व, और आयतन बड़ी शुद्धता पूर्वक निकाले जा सकते हैं, क्योंकि

$$\frac{\text{किसी ठोसका घनत्व}}{\text{उस ठोसकी मात्रा}} = \frac{\text{उस ठोसकी मात्रा}}{\text{उस ठोसका आयतन}}$$

$$= \frac{\text{उस ठोसकी मात्रा}}{\text{उस ठोससे हटे हुए पानीका आयतन}} \dots (1)$$

$$\begin{aligned} \text{परन्तु इस हटे पानीका भार} &= \text{ठोसपर पानीकी उछाल} \\ &= \text{पानीमें ठोसकी तोलकी कमी} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{विमी रोगका आ० ए०} &= \frac{\text{उस ठोसकी मात्रा}}{\text{उतने ही आयतनवाले पानीकी मात्रा}} \\
 &= \frac{\text{उस ठोसका भार}}{\text{उतने ही आयतनवाले पानीका भार}} \\
 &= \frac{\text{उस ठोसका भार}}{\text{उसमें हटे हुए पानीका भार}} \\
 &= \frac{\text{उस ठोसका भार}}{\text{हटे हुए पानीकी ठोसपर उछाल}} \\
 &= \frac{\text{उस ठोसका भार}}{\text{पानीमें ठोसके भारकी कमी}} \dots\dots(२)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{विमी द्रवका आपेक्षिक घनत्व} &= \frac{\text{द्रवका भार}}{\text{उतने ही आयतनवाले पानी-}} \\
 &\quad \text{का भार} \\
 &= \frac{\text{किमा वस्तुसे हटे हुए द्रवका भार}}{\text{उम्मी वस्तुसे हटे हुए पानीका भार}} \\
 &= \frac{\text{वस्तुपर द्रवकी उछाल}}{\text{वस्तुपर पानीकी उछाल}} \\
 &= \frac{\text{द्रवमें वस्तुके भारकी कमी}}{\text{पानीमें वस्तुके भारकी कमी}} \dots\dots(३)
 \end{aligned}$$

यह प्रकट है कि भारकी कमी तुलासे मालूम की जाती है और साधारण तुलाद्वारा १० मिली ग्राम या ०१ ग्रामतक शुद्धता हो सकती है इसलिए घनत्व, आपेक्षिक घनत्व और

आयतनकी संख्याओंमें भी दशमलवके दो स्थानों तक शुद्धता होती है। यह बात सूक्ष्मसे सूक्ष्म नपनेसे या व्यूरटसे भी नहीं की जा सकती।

उदाहरण-(१) एक लम्बी परख-नलीमें कुछ सीसेकी गोलियां रखकर उसकी पानीमें तैरानेसे नपना-घटमें १५ घन सेंटीमीटर पानी हटाया है और नमकके घोलमें १३.५ घन सेंटीमीटर। एक घन सेंटीमीटर नमकके घोलकी मात्रा बतलाओ।

तैरनेवाली वस्तुका भार = वस्तुपर द्रवकी ऊपरी वज्राल

= वस्तुसे हटे हुए द्रवका भार

∴ परख-नली और उसमें रखी हुई गोलियोंका भार

= १५ घन सेंटीमीटर पानीका भार

= १५ ग्राम

= १३.५ घन सें० मी० नमकके घोलका भार

∴ १३.५ घन सें० मी० नमकके घोलका भार = १५ ग्राम

और १ " " " " = $\frac{15}{13.5}$

= १.१ ग्राम

(२) यदि ऊपर कही हुई परख-नलीका बाहरी आयतन २५.३ घ० सें० मी० हो तो और कितनी गोलियोंके भरनेसे परख-नली ठीक दूबनेके लगभग हो जायगी?

अर्कमीदिसके सिद्धान्तके अनुसार जिस समय परख-नली ठीक दूबनेके लगभग हो जायगी उस समय इसका भार उतना ही हो जायगा जितना पानी यह हटा सकती है। परन्तु इसका बाहरी आयतन २५.३ घ० सें० मी० है, इसलिए इससे हटे हुए पानीका भार २५.३ ग्रामसे अधिक नहीं हो सकता और परख-नलीका भार भी २५.३ ग्राम उस समय हो जायगा।

परन्तु पहले उदाहरणमें उसने १५ घ० सें० मी० पानी हटाया था इसलिए उसको २५.३-१५ घ० सें० मी० और पानी हटाना है जिसके लिए १०.३ ग्राम गोलियां और छोड़नी पड़ेंगी।

(३) एक बोरीके टुकड़ेकी लीन जगहमें २५ ग्राम और पानीमें ६७८६ ग्राम है तो हमसे हरे रूप पानीका भार और टुकड़ेका घायनन बननाओ ।

पानी में जल की हलचल को जल में बहाव = ३५-६३८६ घाम

३१५ पाय

4. दुर्गहेशर पानी की हदयान = 3.18 घाम-भार

पाण्डु पाशोर्वा दृष्ट्वा = इदं दृष्ट्वा पाशोर्वा मार

∴ बोलीके शब्दोंमें दूरे हुए पानीका भार = 9.18 ग्राम

एक घाम पानीरा आयतन = १ घन मी० मी०

∴ ७'१४ घाम " " = ७'१४ घ० से० मी०

∴ हरे हुए पानीका आयतन = ७'१४ घ० मी० मो०

∴ टुकड़ेका आयतन = 3.14

(v) पद. नीमके टुकड़ेकी लंबाई १५० ग्राम, पानीमें ११० ग्राम और पैराफ़ीनमें (paraffin) ११८.५ ग्राम है। लीसे और पैराफ़ीनके रि. गु० (specific gravity) बताओ।

मीसेके: एकडेकी तोन हवामें = १५० ग्राम

पानीमें = २१७ ग्राम

∴ पानीमें सोलकी कमी = १३ ग्राम

∴ पानीकी टुकड़ेपर बद्धाल = ११ ग्राम

\therefore हटे हुए पानीका भार $= 13$ पाय

$$\therefore \text{सीसेका त्रि० गु०} = \frac{120}{11} \frac{\text{घाम}}{\text{घाम}}$$

== ११५४

सीमेरे टुकड़ेकी तौल हवामें = १५० ग्राम

वैराक्तीनमें = १३८'५ पाय

\therefore पैदाश्रीनमें तोलकी कमी = 11% पाया

\therefore टुकड़े पर पैराक्रोनकी बढ़ाव $= 11\frac{1}{2}$ घाम

\therefore हटे हुए पैराक्सीनका भार $= 21.2$ ग्राम

परन्तु हटे हुए पानीका भार = १३ टन

$$\therefore \text{पैराक्लीनका वि० गु०} = \frac{11'2 \text{ ग्राम}}{11 \text{ ग्राम}} \\ = 1.018$$

अभ्यासार्थ प्रश्न—१६

(१) एक लकड़ीका बेलन (cylinder) पानीमें विलकुल खड़ा तैरता है। यदि आधा बेलन पानीमें डूबा हुआ हो तो लकड़ीका आ० घ० क्या होगा ?

(२) एक आयताकार लकड़ीके टुकड़ेकी ऊंचाई ५० सें० मी० और बसका विशिष्ट गुरुत्व ०६ है। यदि इसका ऊपरी तल धरातलके समानान्तर हो तो बसकी ऊँचाईका कौनसा अंश पानी तलके ऊपर है ?

(३) एक लोहेके टुकड़ेका भार २७५ ग्राम है। पारमें तैरानेसे इसके आयतनका $\frac{5}{8}$ भाग डूबा रहता है। यदि पारेका आ० घ० १३'५६ हो, तो टुकड़ेका आयतन और लोहेका आ० घ० निकालो।

(४) एक जहाज़की तोल १५०० टन है। स्वच्छ पानीवाली नदीसे यदि यह जहाज़ समुद्रमें जाय तो कितना ऊपर उठ जायगा ? पानी तलका स्पर्श करनेवाला जहाज़का (cross-section) मध्यच्छेद २०००० वर्गफुट है और नीचे भी ५'७ इंच तक इतना ही है। (समुद्रके पानीका आ० घ० १'०२६, और स्वच्छ पानीका घनत्व प्रति घन फुट ६२'५ पौंड है।)

(५) लकड़ीके एक बेलनकी ऊंचाई ८ फुट है और तोल ७५ पौंड है। यदि लकड़ीका विशिष्ट गुरुत्व ०८२ हो, तो १५ पौंडका बोझ रखनेसे बेलन कितना और डूब जायगा ?

(६) एक लकड़ीके आयताकार टुकड़ेके मान (dimension) $1' \times 2' \times 1' \frac{1}{2}$ है। पानीमें आधा डूबा हुआ इस प्रकार तैरता है, कि इसका सबसे छोटा तल धरातलके समानान्तर है। कितना बल लगानेसे पानीमें ६ इंच और डूब जायगा ?

(७) पीतलकी कटोरी पानीमें क्यों तैरती है यद्यपि पीतलका

की सहायतासे आपेक्षिक घनत्व, आयतन इत्यादि कितना शुद्धतापूर्वक मालूम किये जा सकते हैं। अब कुछ प्रयोग संकेत मात्रके लिए नीचे लिख दिये जाते हैं। इनको कर लेने से विद्यार्थीको बहुत अच्छा अभ्यास हो जायगा।

अभ्यासार्थ प्रयोग

- (१) ताँबेके एक टुकड़ेको लेकर उसका विशिष्ट गुरुत्व निकालो।
- (२) किसी टेढ़े मेढ़े ठोस टुकड़ेको लेकर उसका आयतन निकालो।
- (३) किसी घोल वा तेल वा द्रवका आपेक्षिक घनत्व और घनत्व निकालो।

(४) पानीमें उतरनेवाली किसी वस्तुका आपेक्षिक घनत्व निकालो।

(५) एक रुपयेका आपेक्षिक घनत्व निकालो और शुद्ध चांदीके आपेक्षिक घनत्वसे मिलाओ।

(६) सोनेकी घालीमें शुद्ध सोना है वा मिलावटी--इसकी जांच करनेमें जो जो काम करोगे वह सब खूब समझा कर लिखो।

(७) पानीमें तैरनेवाली वस्तुका आपेक्षिक घनत्व कैसे निकालोगे ? यह प्रयोग इस रीतिसे करना होगा—

तैरनेवाली वस्तुके साथ एक ऐसी भारी वस्तु बाँधनी पड़ेगी जो तैरनेवाली वस्तुको भी डुबो सके। इसलिये पहले ऐसी ही कोई भारी वस्तु लेकर उसको हवा और पानीमें तोल लो। इस भारी वस्तुको हम लंगर (sinker) कहेंगे।

तैरनेवाली वस्तुको हवामें तोलो।

दोनोंको बाँधकर पानीमें तोलो।

पानीमें तोलते समय किसी वस्तुमें हवाके बुलबुले न चिपके रह जायं। यदि कोई हों तो उनको काँचकी कलमसे

बुझा दे। इनके लगे रहनेसे पानी अधिक हटेगा। इसीलए पानीमें घस्तुओंका जितना भार होना चाहिये उससे कम होगा, क्योंकि जितना ही पानी हटेगा उतनी ही उसकी परी उछाल अधिक होगा।

नीलोंको हम तरह लिखे :—

हवामें तोलनेसे लंगरका भार ... ग्राम

पानीमें " " " ... ग्राम

पानीमें लंगरके भारकी कमी = .. ग्राम (१)

तैरनेवाली घस्तुका हवामें भार = ... ग्राम (२)

हवामें लंगरका भार = ... ग्राम

लंगर और तैरनेवाली घस्तुका हवामें भार = ... ग्राम

पानीमें " " " = .. ग्राम

पानीमें दोनोंके भारकी कमी = ... ग्राम (३)

(१) से लंगरके भारकी कमी और (३) से दोनोंके भारकी कमी मालूम होती है। इसलिये (३)-(१) से अर्थात् इन दोनोंके अन्तरसे तैरनेवाली घस्तुके भारकी कमी मालूम होती है। यह कमी तैरनेवाली घस्तुके भारसे भी बढ़ जायगी। परन्तु इसमें कोई शंका न करनी चाहिये, क्योंकि भारकी कमीका तात्पर्य यह है कि उसपर उछाल उतनी है अथवा हटे हुए पानीका भार उतना है।

∴ हवामें तैरनेवाली घस्तुके भार अर्थात् (२) की उताई घस्तुसे हटे हुए पानीके भार अर्थात् (३)-(१) से भाग देनेपर तैरनेवाली घस्तुका आपेक्षिक घनत्व निकल आयेगा।

१०—पदार्थों पर तापका प्रभाव

पदार्थों की तीन अवस्थाएँ

संसारके सारे पदार्थ तीन मुख्य भागोंमें विभक्त किये गये हैं—ठोस, द्रव, और वायव्य या गैस। इसलिये यदि तीनों प्रकारके एक एक, दो दो, या तीन पदार्थ लेकर उनपर तापका प्रभाव देखा जाय और उससे जो परिणाम निकले वही सब पदार्थोंके लिए मान लिया जाय तो अनुचित न होगा। परन्तु पहले इन तीनों प्रकारके पदार्थोंमें परस्पर भिन्नता या समानता जानना आवश्यक है।

सोना, चाँदी, पीतल, मिट्टी, लोहा इत्यादि ठोस कहें जाते हैं; पानी, दूध, अल्कोहल, तेल इत्यादि द्रव; और हवा, भाप, इत्यादि वायव्य। ठोसोंका आयतन और रूप सदैव एकसा रहता है, यदि उनको बिगाड़नेवाला कोई काम न किया जाय। द्रवोंका आयतन एकसा रहता है, परन्तु रूप उस बर्तनके अनुरूप होता है जिसमें वह रक्खे जाते हैं। वही तेल लंबी पतली शीशीमें रखनेसे बहुत ऊँचा देख पड़ता है और एक चौड़ी और बड़ी शीशीमें रखनेसे ज़रासा मालूम होता है, परन्तु आयतन दोनों अवस्थाओंमें एक ही है। द्रवोंमें बहनेका गुण भी होता है अर्थात् वह ऊँचे स्थानसे नीचे स्थानको बहकर चले जाते हैं। इनका ऊपरी तल भी सदैव धरातलसे समानान्तर होता है। वायव्य पदार्थोंमें इन दोनों प्रकारके पदार्थोंसे भिन्नता होती है। न तो उनका कोई आयतन ही स्थिर रहता है और न रूप ही। वे बहते अवश्य हैं परन्तु जिस बर्तनमें रक्खे जाते हैं उसमें फैलकर सारी जगहमें भर जाते हैं और यदि वह बर्तन खोल दिया जाय तो सारी कोठरी

उनमें भर जाती है। यह यात किसी गंधयुत वायु या भापसे प्रयुक्त हो जाती है।

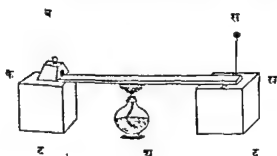
द्रव और वायव्य दोनों प्रकारके पदार्थ बहते हैं। इसलिये निका साधारण नाम नाल (fluid) रख लिया गया है। आगे जहाँ कहीं 'नरल' शब्द प्रयोग किया जाय वहाँ द्रव और वायव्य दोनोंमें तात्पर्य होगा।

यह दिखाया जा सकता है कि एक ही पदार्थ ताप विशेष-से ठोस द्रव और वायव्य अवस्थाओंमें बदल जाता है। पानी साधारणतः द्रव है, परंतु गरमी बढ़ा देनेसे या हवाके चलनेसे अदृश्य भाप होकर गायब होजाता है। वही विशेष सरदी पाकर ठोस बर्फ हो जाता है; सरदीके दिनोंमें घी या नारियलका तेल जमकर ठोस हो जाता है, गरमी पाकर पिघल जाता है और द्रव बन जाता है, बहुत गरमी पाकर वायव्य होकर उड़ भी सकता है इत्यादि; इसी तरह सेना, चांदी, चालू इत्यादि भी पिघलकर द्रव हो जाते हैं परंतु इनके लिए बहुत गरमी पहुँचानेकी आवश्यकता पड़ती है। कहा जाता है कि सूर्यमें लोहा, इत्यादि बहुतसी धातु वायव्य अवस्थामें ही मौजूद है।

ठोसोंपर तापका प्रभाव

बहुतोंने देखा होगा कि शीते, गाड़ीवाले गरमीके दिनोंमें पहियोंकी हालोंको ठंडे पानीसे तर करते रहते हैं। पृथ्वीपर यह बतलाते हैं कि गरमीसे हाल ढीली पड़ जाती है। कदाचित् किसी विचारवान् लड़केके मनमें यह प्रश्न भी उठा होगा कि हाल पहियेपर चढ़ायी कैसे जाती है। इसके चढ़ानेकी रीति बड़ी सरल है। हालको समतल भूमिमें रख-

छड़की लम्बाईमें समकोण बनावे। सुर्रके छेदमें एक दूसरी लम्बी सुर्र या आलपीन घुमेड़ दो जिसमें यह स्टूलके तलपर सीधी खड़ी रहे।



चित्र २८

इस चित्रमें 'ड' लकड़ीके टुकड़े, 'क' ख' छड़, 'अ' भारी वस्तु 'स' लंबी सुर्र और 'अ' गरम करनेवाली स्पिरिट लम्प या डिबिया दिखायी गयी है।

जिम समय दोनों टुकड़ोंके बीचमें लम्पसे छड़ गरम किया जाता है, छड़ बढ़ने लगता है और बढ़नेके साथ दयी हुई सुर्रको भी लुढ़काता जाता है, जिसके लुढ़कनेसे उसके छेदमें पहिनाई हुई दूसरी सुर्र तिरछी होती जाती है। लम्प हटा लिया जाय तो छड़ सिकुड़ने लगता है और तिरछी सुर्र सीधी खड़ी होने लगती है। यदि ठंडा पानी छोड़कर छड़ तुरन्त ठंडा किया जाय तो यह बहुत जल्दी सिकुड़ जायगा और सुर्र एकबारगी सीधी खड़ी हो जायगी।

छड़के एक सिरेको भारी वस्तुसे दबानेका कारण केवल यही है कि यह सिरा दबा रहे जिससे छड़ इस ओर न बढ़ने पावे।

कर उसपर चारों ओर फंडे मुलगाये जाते हैं, जब वह सूख साल हो जाती है उसे उठाकर पहियेपर चढ़ा देते हैं, और अच्छी तरह बैठ जानेपर पानीसे ठंडा कर देते हैं। ठंडसे हाल सिकुड़ जाती है और इतने जोरसे पहियेको पकड़ लेती है कि मनुष्य उसको छुड़ा नहीं सकता। इसी साधारण अनुभवसे तीन बातें सिद्ध होती हैं—

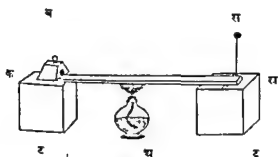
गरम पदार्थके साथ ठंडा पदार्थ भी गरम हो जाता है। गरमीसे पदार्थ पहले फैलते हैं, पीछे सिकुड़नेमें बहुत बल लगाते हैं।

इसी कारण रेलगाड़ीकी पटरियाँ जहाँ जुड़ी रहती हैं वहाँ गरमीके दिनोंमें फैलनेकेलिए कुछ थोड़ासा अन्तर रखा जाता है। बिजलीद्वारा समाचार भेजनेकेलिए रेलकी पटरियोंके साथ साथ खम्भोंपर तार बंधे रहते हैं वह भी जाड़ेमें सिकुड़कर कुछ सीधे हो जाते हैं और गरमीमें फैलकर लटक पड़ते हैं। अब कुछ प्रयोग ऐसे वर्णन किये जाते हैं जिनके द्वारा पदार्थोंका गरमी पाकर फैलना दिखलाया जा सकता है।

प्रयोग ३५—किसी धातुके छड़के बढ़नेकी जांच।

डेढ़ दो फुट लम्बा लोहा, ताम्बा या पीतलका कोई छड़ लकड़ीके टुकड़ोंके सहारे मेज़पर (चित्र २८) धरातलके समानान्तर रखो। यदि लकड़ीके टुकड़े न हों तो दो स्टूलोंको कुछ दूरीपर रखकर उन्हींपर छड़को रखो और दोस्रो छड़ धरातलके समानान्तर मालूम होता है वा नहीं। छड़का एक सिरा किसी भारी चीज़से दबा दो और दूसरे सिरके पास ही छड़के नीचे एक बड़ी सुई इस प्रकार रखो कि वह

दोनों सभ्याँमें समकोण बनाये। सुईके छेदमें एक दूसरी समी सुई या आलपीन घुमेइ दो जिसमें यह स्टूलके तलपर सीधी खड़ी रहे।



चित्र २८

इस चित्रमें 'ट' लकड़ीके टुकड़े, 'क म' छड़, 'म' भारी वस्तु 'न' खड़ी हुई सुई और 'घ' गरम करनेवाली स्पिरिट लम्प या दिविया जितनायी गयी है।

जिस समय दोनों टुकड़ोंके बीचमें लम्पसे छड़ गरम किया जाता है, छड़ बढ़ने लगता है और बढ़नेके साथ दबे हुए सुईको भी लुढ़काता जाता है, जिसके लुढ़कनेसे उसके छेदमें पहिलार्ह हुई दूसरी सुई तिरछी होती जाती है। लम्प हटा लिया जाय तो छड़ सिकुड़ने लगता है और तिरछी सुई सीधी खड़ी होने लगती है। यदि ठंडा पानी छोड़कर छड़ नुरन्त ठंडा किया जाय तो यह बहुत जल्दी सिकुड़ जायगा और सुई एकबारगी सीधी खड़ी हो जायगी।

छड़के एक सिरेको भारी वस्तुसे दबानेका कारण फेवल यही है कि यह सिरा दबा रहे जिससे छड़ इस ओर न बढ़ने पावे।

प्रयोग ३६—धातुके गोलेके बढ़नेकी जांच ।



चित्र २६ में जो यंत्र दिखाया गया है उसमें एक डट्टेके सिरेके पास लगे हुए हुकके सहारे धातुका एक गोला डट्टेमें लगे हुए एक छल्लेके भीतरसे होकर लटक रहा है ।

जिस समय गोला ठंडा रहता है उस समय यह छल्लेमेंसे होकर नीचे ऊपर आता जाता है, परन्तु जब खूब गरम करके छल्लेपर रखा जाता है तो छल्लेपर रुका रहता है, और कुछ देरमें छल्लेमेंसे नीचे चला आता है । बात यह है कि जब गोला गरम किया जाता है बढ़ जाता है और छल्लेमेंसे आ जा नहीं सकता । परन्तु कुछ देरमें ठंडा होकर सिकुड़ जाता है और छल्ला गरम होकर बढ़ जाता है जिससे गोला नीचे गिर पड़ता है ।

द्रवोंपर तापका प्रभाव

प्रयोग ३७—गरमी पहुंचा कर पानीके फैलनेकी जांच ।

कांचकी एक कुप्पी (flask) लो जिसमें २०० वा २५० घन सेंटीमीटर पानी भंडता हो । इसमें एक काग खूब कसा हुआ लगाओ जिसमें एक छेद हो । इसी छेदमें दो तीन फुटके लगभग लम्बी कांचकी नली पहनाओ । इस बातका ध्यान रखो कि नलीका निचला सिरा कागके निचले तलसे उभड़ा हुआ न हो वरन् उसके बराबर हो । इस नलीका छिद्र जितना ही बारीक होगा उतनी ही शुद्धतापूर्वक फैलनेकी जांच हो सकेगी ।

एक बड़े बीकरमें इतना पानी उयालो* कि ऊपरवाली इन्गीके भरनेपर भी कुछ पानी बच जाय। ज़रासा कोई रंग शलकर पानीको रंग लेना और भी अच्छा होगा। जब पानी उबलने लगे तब भाड़नसे बीकरको पकड़कर बड़ी भावधानीसे कुप्पीमें पानी भर दो। काग लगानेपर कुछ गनी नलीमें चढ़ जायगा, कदाचित् कांचकी नलीके ऊपरी सेरेतक पानी पहुंच जाय। इसको अलग रख दो (चित्र ३०) यों ज्यों पानी ठंडा होगा नलीमें उतरता जायगा। ली इतना लम्बी होनी चाहिए कि जब पानी बेलकुल ठंडा हो जाय तब भी उसमें कुछ पानी रहे। इससे प्रकट हो जाता है कि ठंडा होनेसे पानी सिकुड़ता है। इसलिए गरमी नानेसे यह अघश्य बढ़ेगा जिसकी परीक्षा ही इस प्रकार की जा सकती है—



किसी बड़ी कुप्पीमें पानी खूब गरम करके उयालकर एक बड़े गहरे (trough) तसलेमें रख दो। तसला इतना चौड़ा हो कि चित्र ३० ली कुप्पी उसमें जा सके और चित्र ३० नलीमें डूब सके। जिस समय यह कुप्पी गरम नलीमें डाली जायगी एक क्षणभर तो नलीका पानी कुछ नीचे उतरेगा, फिर चढ़ना आरम्भ होगा और चढ़ता ही रहेगा। पानीका उतरना देखनेकेलिए बहुत ध्यान रखना होगा। नलीका छेद जितना दी धारीक होगा, उतना ही

* क्याल्वेसे पानीमें चुकी हुई दवा निकल जायगी जिससे फिर कुप्पी में भरनेपर दवाके बुलबुले उठकर कागची नलीमें न लग सकेंगे।

पानीका उतरना स्पष्ट दीयेगा। उतरनेका कारण जानते हो क्या है? कुप्पी एकपाखरी गरम पानीमें छोड़ी जाती है तो पहिले कांच गरम होता है जिससे थोड़ी बढ़ता है और उसके बढ़नेसे कुप्पीका आयतन बढ़ जाता है जिससे पानी नीचे उतर आता है। यह यन्त्र किसी ज्यादा गरम कमरेमें या धूपमें रखा तो पानी ऊपर चढ़ेगा और कहीं ठंडे स्थानमें रखा तो पानी उतरेंगा। इस तरह इससे दो स्थानोंकी गरमीकी तुलना भी की जा सकती है कि कहाँ अधिक गरमी है।



चित्र ३१

वायव्य पदार्थोंपर तापका प्रभाव

प्रयोग ३८—गरमी पाकर वायव्य पदार्थों या गैसोंके बढ़नेकी जांच।

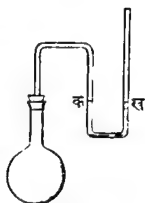
इसके लिए चित्र ३१ की भांति एक यन्त्र तैय्यार करो। इसमें एक उष्ट्रके छल्लेके सहारे एक उल्टी कुप्पी रखी हुई है। उसके मुंहमें एक छेददार काग फसा हुआ है जिसमेंसे एक सीधी लम्बी नली लगी हुई है। इसका दूसरा सिरा बीकरके पानीमें डूबा हुआ है। कुप्पी और नली दोनों खाली हैं।

हाथोंसे कुप्पीका पेंदा अच्छी तरह ढक लेते हैं तो हाथों की गरमीसे भी कुप्पीकी हवा फैलती है और जगह न

बाहर पानीमेंसे होकर बाहर निकल जाती है। इसी कारण नलीके छेदसे हवाके बुलबुले पानीमेंसे होकर निकलते हैं। हाथ छूट्टा दें, तो हवा सिझुङ्गी और जहाँकी हवा गरमी पाकर निकल गयी थी वहाँ पानी चढ़ने लगेगा।

यदि यह यन्त्र धूपमें रखा जाय तो एक दम बहुतसे बुलबुले निकलने लगेंगे क्योंकि धूपकी गरमीसे हवा गूँथ फैलती है, और धूपसे बाँटरीमें लाया जाये तो पानी एक-दो गरी नलीमें चढ़ने लगता है।

यह हवावाला यन्त्र तापकी तुलना करनेमें बहुत बारीकीके साथ प्रयोग किया जा सकता है। आगानीके लिए इसकी बनावटमें सरलता भी की जा सकती है जो चित्र १२ में प्रकट होता है। बुझी यदि हाथसे छुई जायेगी तो हाथकी गरमीसे ऊपरके भीतरकी हवा बहुत फैलेगी और एक नलीके भीतरवाले पानीके टुकड़ेगी जिसे ऊपर के 'क' सीधे ऊपरवा



चित्र ११



चित्र १२



“जब कोई ठंडी वस्तु किसी गरम वस्तुसे लगी हुई या संपर्क में लगी होती है तो गरमी गरम वस्तुसे ठंडी वस्तुमें आजाती है। जिस वस्तुमें गरमी होती है वह उंचे ताप-क्रमपर temperature कही जाती है और जिसमें गरमी घटकर जाती है वह नीचे ताप-क्रमपर होती है। जब दोनोंका ताप-क्रम समान हो जाता है, एकमें दूसरमें गरमीका बहना रुक जाता है।”

ऊंचे ताप-क्रमवाली वस्तुमें गरमी बहनेकी उपमा ऊंचे पगलमें पानी बहनेके साथ देने हैं अर्थात् जैसे ऊंचे पगलमें द्रव बहकर नीचे धरातलमें जाता है इसी तरह ऊंचे ताप-क्रमवाली वस्तुमें गरमी बहकर निचले ताप-क्रमवाली वस्तुमें जाती है, और जैसे ऊपर-वाला द्रवतल घटता और नीचेवाला द्रवतल बढ़ता जाता है और बहना उन्हीं क्षण बन्द हो जाता है जिस समय ऊपर नीचेके द्रवतल समान ऊंचाईपर हो जाते हैं, उन्हीं भाँति ऊंचे ताप-क्रमवाली वस्तुका ताप-क्रम घटता जाता और निचले ताप-क्रमवाली वस्तुका बढ़ता जाता है और जब दोनोंके ताप-क्रम समान हो जाते हैं एकमें दूसरमें गरमीका बहना रुक जाता है। यह धर्मी न समझना चाहिये कि ऊंचे ताप-क्रमवाली वस्तुमें गरमीका परिमाण बढ़ता अधिक होता है और निचले ताप-क्रमवाली वस्तुमें कम। ऊंचे ताप-क्रमका होना यह नहीं सूचित करता कि ताप-की मात्रा अधिक है परन्तु यह सूचित करता है कि इसमेंसे ताप अधिक बह सकता है। सोचें कि तार जो गरमीसे लाल हो गया हो बपड़े या बाण्डमें हुलानेमें उल्टा देगा, जो एक पड़ा उबलता हुआ जल भी होइनेपर नहीं जल सकेगा, यद्यपि घड़ेके उबलने हुए जलमें लोहकी काड़ा लपटत अधिक है। कारण यह है कि लाल गरम तारमें लोह लपटत थुरतीसे बहता है जिससे लूने हो एव कारणों बहने

चढ़ेगा। इसके प्रतिकूल यदि कुप्पीमें सरदी पहुँचायी जाय तो 'क' में पानी ऊपर चढ़ेगा और 'ग' में उतरेगा।

प्रयोग ३६—पानीमें गरमी पहुँचानेमें तेज वहनक बद्द गकता है ?

ग—उट्टा क—थमना या धंगुल। घ—छल्ला। ङ—स्फिटि लम्प। ब—पीकर जिसमें पानी भरा हुआ है। और प—परख-नली जिसमें तेल भरा हुआ है, और जिसके मुँहमें एक छेदवाले कागजकेछारा एक लम्बी काँचकी नली लगी हुई है। पीकरका पानी गरम करनेसे परख-नली का तेल गरमी पाकर चढ़ेगा और नलीमें चढ़ेगा। पानीको खूब गरम करते जाओ और देखो तेलका चढ़ना कहीं बन्द होता है या चढ़ता ही जाता है।

इसी प्रकार परख नलीको बर्फ़ में रखकर देखो तेल कहाँतक सिकुड़ता है।

इस प्रयोगसे यह पता चलता है कि जब पानी उबलता रहता है उस समय तेलका फैलना रुका रहता है और बर्फ़ में भी बहुत देरतक रखनेसे तेलका सिकुड़ना बन्द हो जाता है।

ताप और तापक्रम

यह साधारण अनुभवकी बात है कि जब कोई ठंडी वस्तु किसी गरम वस्तुको छुए रहती है तो गरम वस्तु ठंडी हो जाती है और ठंडी वस्तु गरम। जब दोनों बराबर गरम हो जाती हैं, दोनोंमेंसे बराबर गरमी निकलने लगती है और कुछ देरमें दोनों ठंडी हो जाती हैं। इसी बातको वैज्ञानिक भाषामें यों कहते हैं—

“जब दो वस्तु मिलीं तो गर्म वस्तुमें लगी हुई या गलत गर्मी लगी है तो गर्मी गर्म वस्तुमें रही वस्तुमें आ जाती है। जिस वस्तुमें गर्मी लगी है वह उंचे ताप-क्रमपर temperature करी जाती है और जिसमें गर्मी कम लगी है वह नीचे ताप-क्रमपर होती है। जब दोनों का ताप-क्रम समान हो जाता है, तब हमें दूसरों में गर्मी का बहना रुक जाता है।”

ऊंचे ताप-क्रमवाली वस्तुमें गर्मी बहनेकी उपमा ऊंचे धरातलमें पानी बहनेके साथ देने हैं अर्थात् जैसे ऊंचे धरातलमें द्रव बहकर नीचे धरातलमें जाता है इसी तरह ऊंचे ताप-क्रमवाली वस्तुमें गर्मी बहकर निचले ताप-क्रमवाली वस्तुमें जाती है। और जैसे ऊपर वाला द्रवतल घटता और नीचेवाला द्रवतल बढ़ता जाता है और बहना उन्हीं क्षण रुक हो जाता है जिस समय ऊपर भीचेके द्रवतल समान ऊंचाईपर हो जाते हैं, उसी भाँति ऊंचे ताप-क्रमवाली वस्तुका ताप-क्रम घटता जाता और निचले ताप-क्रमवाली वस्तुका बढ़ता जाता है और जब दोनोंके ताप-क्रम समान हो जाते हैं एकसे दूसरेमें गर्मीका बहना रुक जाता है। यह कभी न समझना चाहिए कि ऊंचे ताप-क्रमवाली वस्तुमें गर्मीका परिमाण सर्वदा अधिक होता है और निचले ताप-क्रमवाली वस्तुमें कम। ऊंचे ताप-क्रमका होना यह नहीं सूचित करता कि ताप-की मात्रा अधिक है वरन् यह सूचित करता है कि इसमेंसे ताप अधिक बह सकता है। लोहेका तार जो गर्मीसे लाल हो गया हो कपड़े या कागज़में छुलानेसे जला देगा, जो एक घड़ा उबलता हुआ जल भी छोड़नेपर नहीं जल सकेगा, यद्यपि घड़ेके उबलते हुए जलमें तापकी मात्रा अत्यन्त अधिक है। कारण यह है कि लाल गरम तारसे ताप अत्यन्त फुरतीसे बहता है जिससे दूते ही एकबारगी बहुत

ताप पहुँच जाता है और कपड़ेका तापक्रम उस स्थान-पर इतना बढ़ जाता है कि कपड़ा जल उठता है।

तापक्रम नापनेकेलिए एक विशेष यंत्र काममें लाया जाता है क्योंकि स्पर्श इन्द्रियोंसे बारीकीके साथ तापक्रम नहीं जाँचा जा सकता, वरन् कभी कभी बड़ा धोखा हो जाता है। इसके अतिरिक्त यदि तापक्रम अधिक हो तो हाथ जल जायगा।

प्रयोग ४०—स्पर्श इन्द्रियोंमें तापक्रम जांचनेमें कैसे धोखा दे जाता है ?

तीन कटोरी या प्यालियां कुछ कुछ अन्तरपर रखो। किनारेकी एक कटोरीमें गरम पानी रखो, दूसरेमें ठंडा और मध्यवाली कटोरीमें आधा गरम और आधा ठंडा। कुछ देरतक किसी हाथकी एक अंगुली गरम पानीमें डुबोये रहो और दूसरे हाथकी एक अंगुली ठंडे पानीमें। दोनों अंगुलियोंको निकालकर मध्यवाली कटोरीमें डुबो दो। जो अंगुली गरम पानीमें थी उसको मध्यवाली कटोरीका पानी ठंडा प्रतीत होगा और ठंडे पानीमें रखी हुई अंगुली को वही पानी गरम। इससे प्रत्यक्ष है कि सर्दी गरमीका बोध होना शरीरकी पहलेकी अवस्थापर निर्भर है।

यह बात केवल स्पर्शेन्द्रियके साथ नहीं पायी जाती वरन् सारी इन्द्रियोंकी यही दशा है। यदि कोई बहुत मीठी वस्तु खाकर हल्की मीठी वस्तु खायी जाय तो फीकी लगेगी। धूपसे आये हुए मनुष्यको कोठरी अंधेरी मालूम होती है। यही हाल सुख दुःखको बोध करनेवाले मनका भी है।

तापमापक

जिस विशेष यंत्रसे तापक्रम नापा जाता है उसको ताप-
क्रम-मापक (temperature measurer) कहा जा सकता है।
परन्तु सुविधाकेलिए थर्मोमीटर नाम (thermometer) धर्ममा-
नोमीटर या तापमापक रखा गया है। चित्र ३०-३२ में दिखाये
हुए यंत्र तापमापकका काम दे सकते हैं लेकिन उनसे सुविधा
नहीं होती। चित्र ३० वाले यंत्रमें पानी भरा जाता है। पानी-
के गरम होनेमें देर लगती है, यह अधिक गरमी भी सहायता
है और फैलनेमें भी कहीं कहीं कोई काम नहीं होता जो आगे
उचित स्थानपर दिखलाया जायगा, इसलिए यह तापमापक
काममें नहीं लाया जाता। चित्र ३१, ३२ वाले तापमापकमें
हवा होती है जो ज़रासी गरमीमें भी बहुत फैल जाती है,
इसलिए इसमें थोड़ीसी तो बहुत होती है क्योंकि तापक्रम-
में थोड़ासा भी अंतर हो तो हवा फैलने या सिकुड़ने लगती है
परन्तु साधारण कामोंमें पारेका बना हुआ तापमापक प्रयोग
किया जाता है। इसके बनानेकी प्रिया यह है -

प्रयोग ४१—तापमापक बनानेकी प्रिया।

तापमापकमें दो अङ्ग होते हैं, गुंडी (ball) और शाखा
(stem)। गुंडीमें पारा भरा रहता है जो गरमी पाकर
फैलता है और शाखाकी बाल सरीसरी बारीक नलीमें खड़का
है। नली जितनी दी बारीक होगी उतनी ही बारीकीसे
तापक्रम मालूम होगा। पारा भरे जानेके पहले इसका ऊपर
चित्र ३४ का रंग होता है। इसमें शाखाके सिरेपर एक
प्याली रनी हुई है। पारा भर चुकनेपर इसे ऊपर उल्टा करके
शाखाका मुँह बन्द कर दिया जाता है।

पारा भरनेकी क्रिया

प्यालीमें पारा भर दे। शाखाकी नली इतनी बारीक होती है कि प्यालीमें भर देनेसे ही पारा नलीमें नहीं उतरता। इसलिए घुंड़ीको पहले गरम करके फिर ठंडी करो। गरमीसे उसमेंकी हवा फैलकर नलीकी राहसे कुछ निकल जायगी और ठंडी होनेपर शेष वायुके सिकुड़नेसे जो स्थान बचता है उसमें कुछ पारा लिंच आ-यगा। इसी प्रकार कई बार घुंड़ीको गरम और फिर ठंडी करनेसे घुंड़ी पारेसे भर जायगी और शाखामें भी कुछ दूरतक पारा चढ़ जायगा। जब ठंडा होनेपर भी शाखामें कुछ दूरतक पारा चढ़ा रहे तब भरना रोक दे। दो एक बार इस पारेको उवाल डालो जिसमें पारेमें लगी हुई हवा बिलकुल निकल जाय। अब भी घुंड़ीमें इतना पारा होना चाहिए कि कुछ दूरतक नलीमें चढ़ा रहे। प्यालीमेंसे पारा निकाल लो।



चित्र ३४

चित्र ३५

प्याली अलग करनेकेलिए उसके नीचे शाखाको रुप गरम करके गला लो। उसी समय घुंड़ीमें भी इतनी गरमी पहुंचानी चाहिए कि पारा फैलकर गले हुए स्थानतक पहुंच जाय। तब प्याली खींचकर अलग कर लो। (देखो चित्र ३४) ऐसा करनेसे शाखाका मुंह बन्द हो जायगा। पारा गले हुए स्थानतक पहुंचानेका कारण यह है कि तापमापकमें वायु न

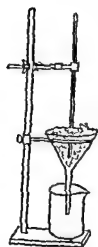
रहने पाये नहीं तो ऊंचे तापक्रमपर यह वायु फैलकर यन्त्रको गड़ सकती है। केवल पारा ही भर देने और शान्ता बन्द कर देनेसे शुद्ध तापमापक नहीं बन जाता।

ताप नापनेको भी इकाईकी आवश्यकता पड़ती है। इसकी इकाई यों स्थिर की गयी है—

प्रयोग ३६ में यह ज्ञान होता है कि जिस समय पानी उबलता रहता है उस समय उसमें रखी हुई वस्तुका फैलना रुक रहता है अर्थात् यह उससे अधिक गरम नहीं होन पाती। जिससे यह निश्चय होता है कि उबलते हुए पानीका या उसमें रखी हुई वस्तुका तापक्रम एकसा स्थिर रहता है क्योंकि गरमीके बढ़नेसे तापक्रम बढ़ता है और वस्तु फैलती है और वस्तुके फैलनेसे ही तापक्रमके बढ़ने घटनेका पता लगता है। जिस तापक्रमपर पानी उबलता है उसको पानीका द्रवणांक (boiling point) कहते हैं। इसी प्रकार जबतक कोई वस्तु पिघलती हुई बर्फमें रखी रहती है उसका सिकुड़ना रुक रहता है। इस तापक्रमका बर्फका द्रवणांक (melting point) या पानीका हिमांक (freezing point) कहते हैं। इन्हीं दोनों तापक्रमोंको स्थिर समझकर इनके बीचवाले भागको १०० समान अंशोंमें विभक्त करते हैं। द्रवणांकको शरम्भ-बिंदु मानते हैं और ऊपरीभागांकको १००; और ० और १००के बीचकी शाखाको १०० भाग मानकर बराबर बराबर चिन्ह कर देते हैं। इस तरह प्रत्येक भाग या घरा (degree) द्रवणांक और ऊपरीभागांकके बीचवाले भागका सौवाँ भाग है। इसीलिए इसका नाम शतांश (centigrade degree) है। जिन तापमापकोंमें शतांश ही इकाई मानी जाती है उनको शतांश तापमापक (centigrade thermometer) कहते हैं।

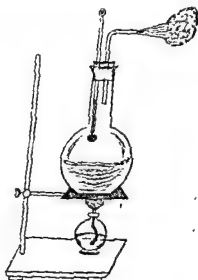
प्रयोग ४२—द्रवणांकका चिन्ह पाग-तापमापकमें कैसे बनाया जाता है ?

एक डट्टेमें एक छल्ला फंसाओ और कीप (funnel) रखो। तापमापकको डट्टेके चंगुलमें (clamp) ऐसे लगाकर कस दो कि तापमापककी घंडी कीपके छेदके पास रहे। (चित्र ३६)।



चित्र ३६

द्रवणांक निकालनेकी
विधि



चित्र ३७

कथनांक निकालनेकी विधि

अब साफ़ बर्फ़के छोटे छोटे टुकड़े घंडीके चारों ओर रखो जिनसे घंडी और कुछ शाखा ढक जाय। स्वच्छ पानी कीपमें थोड़ा थोड़ा करके छोड़ो और बर्फ़के टुकड़ोंको धो डालो। २, १० मिनटके बाद जहाँ पारेका ऊपरी सिरा बहुत देरतक

एक ही जगह पर स्थिर रहे यही चिन्ह बना दे। इसका ध्यान रखो कि पारेका केवल सिरा बर्फ के बाहर रहे और कुल पारा बर्फ में बिलकुल डूबा रहे। इसी चिह्न पर शून्य स्थिर देने हैं और इसको शून्य शतांश या ०° श (zero de degré centigrade or 0°C.) पढ़ने हैं।

कथनांकका चिन्ह बनानेके लिए तापमापककी घुंटी और ग्यारी शाखाओं उथलने हुए पानीकी भापमें रखने हैं। जहां बहुत देर तक पारेका सिरा स्थिर रहता है वही एक चिह्न बना देने हैं। इन्हीं दोनों चिह्नोंके बीचकी दूरी १००° अंशोंमें बांटते हैं। द्रवणांकके नीचे भी जहाँतक शाखा रहती है शतांशके चिन्ह बना दिये जाते हैं और शून्य शतांशसे नीचे होनेके कारण - १° श, - २° श - ३° श इत्यादि पढ़े जाते हैं। शून्यके ऊपरवाले चिह्नोंको १° श, २° श अर्थात् १ शतांश २ शतांश आदि पढ़ते हैं। कथनांकके ऊपर भी चिह्न लगाये जाते हैं और वह १०१° श, १०२° श, ११५° श इत्यादि पढ़े जाते हैं।

सुभीतेकेलिए तापमापककी घुंटी गोल नहीं चरन् लम्बी रखी जाती है। थने बनाये शतांश तापमापकका रूप चित्र ३८ की भांति होता है। इस चित्रमें तापमापकका ऊपरवाला और नीचे-वाला भाग पूर्णतया दिखलाया गया है। ६° श से ६०° श के बीचवाला भाग नहीं दिखलाया गया क्योंकि स्थान अधिक लग जाता। ऐसे ताप मापकसे - १६° से ११०° तक तापक्रम नापा जा



चित्र ३८

सकता है। चिन्ह तो इसमें एक एक शतांशकें हैं परंतु अनुमानसे ५ शतांशतक पढ़ा जा सकता है। अभ्यास करनेपर १, २ शतांशतक भी तापक्रम पढ़ा जा सकता है।

तापमापकको भी शुद्धतापूर्वक और जल्दीसे पढ़नेकेलिए अभ्यासकी आवश्यकता पड़ती है। इसलिए नीचे दिये हुए प्रयोगोंको करनेका अवसर मिले तो प्रत्येक छात्रको स्वयम् विधिपूर्वक फर डालना चाहिए नहीं तो कमसे कम पाठक स्वयम् करे और प्रत्येक लड़केसे तापक्रम पढ़ाकर चुपकेसे किसी कागज़पर लिखाते जायें और यह भी देखते जायें कि कौन शुद्ध पढ़ता है। जो ठीक न पढ़ता, हो उसको समझा दें।

नोट—तापमापकको कभी ऐसी गरम वस्तुमें न रखना चाहिए जिसका तापक्रम तापमापकके सबसे ऊपरवाले चिन्हसे भी बढ़ा हुआ हो। यदि अनजानमें ऐसा हो जाय तो भट्ट हटा लेना चाहिए नहीं तो पारा फैलनेकेलिए स्थान न पाकर, नलीको फोड़कर निकल जायगा और तापमापक दूट जायगा।

प्रयोग ४३—कमरेमें रखे हुए बहुतसे द्रवोंका तापक्रम जानना।

परख-नलियोंमें भिन्न भिन्न द्रव, जैसे पानी, तेल, पारा अल्कोहल, स्याही इत्यादि जो कुछ देरसे मेज़पर रखे हुए हों नली-दानमें (test-tube stand) रखो और वही तापमापक प्रत्येक द्रवमें रखकर उसका तापक्रम लिख लो। एक द्रवसे दूसरे द्रवमें तापमानको ले जानेके पहले, द्रवको भाड़नसे खूब पोंछ लेना चाहिए। फिर अल्मारोमें रखे हुए द्रवोंका तापक्रम जाँची और उनको भी लिखो। तापक्रमोंको इस तरह लिखो—

द्रवोंके नाम	मेजपर रखे हुए द्रवोंके तापक्रम	अलमारीमें रखे हुए द्रवों- के तापक्रम	दूसरे कमरेकी मेजपर रखेहुए उन्हीं द्रवोंके तापक्रम
पानी			
तेल			
पारा			
अल्कोहल			

इस प्रयोगसे जो परिणाम निकल सकता है वह लिखो ।

प्रयोग ४४—(क) एक कुप्पी और एक बॉकमें एक ही मात्राका (२०० वा ३०० घ० सें० मी०) पानी छोड़ा जाए उनमें एक ही तापके लक्ष्यमें जिनकी लौ प्रायः समान हो गरम करो और परिणाम नकालो । (देखो वह किस तापक्रमतक गरम होते हैं और कौनसे गरम होने किन्ती देर लगती है) ।

(ख) जब दोनोंका तापक्रम बढ़ना बन्द हो जाय, लक्ष्य बुझा दो, प्रायः एक एक तापमापक रखकर एक एक मिनटपर दोनोंके तापक्रम नकालो और पढ़ो । कमसे कम २० वा २५ बार तापक्रम लो । परिणाम क्या लगता है ? दो लिखो—

समय	कुप्पीयाले पानी- का तापक्रम	बॉकरयाले पानी- का तापक्रम
(४० मि० सें०)	(शतांश)	(शतांश)

दोनोंके तापक्रम जब जल्दी उतरते हैं ?

रूप अच्युत अच्युत तापमापकोंके बनानेमें इस बातका विचार किया जाता है, अर्थात् इनमें द्रवणांक और क्वथनांक, पारा नग्नेके कई धर्म पीछे स्थिर किये जाते हैं। परंतु साधारण तापमापकोंको इतने दिनोंतक रख छोड़नेमें कफ़ायत नहीं होती, इसलिए दो चार हफ़्तेतक रखकर चिन्ह बना दिये जाते हैं। जिसका परिणाम यह होता है कि जब कांच कुछ दिनोंके बाद मिचुड़कर अपनी साम्यावस्थाको प्राप्त होता है, उसकी गुंडीका आयतन कम होनेसे पारा शाखामें फैल जाता है इसलिए द्रवणांक भी चढ़ जाता है।

मान लो पर्यमें रखनेसे पारा 0.4° से नीचे नहीं उतरता तो तापमापकका द्रवणांक शून्य चिन्हको न समझना चाहिए बल्कि 0.4° को। इसके अनुसार तापमापकका जो चिन्ह 10° श 0 का तापक्रम सूचित करता है वह यथार्थमें 9.6° श है न्यादि। परंतु जब चिन्होंको बिगाड़कर नया चिन्ह बनानेमें बड़ी कठिनाई पड़ेगी इसलिए एक कागज़में यह अशुद्धि लिखकर या तो तापमापकके सिरेपर डोरेसे बांध देते हैं या तापमापकके घरपर लिख देते हैं। इस तापमापकसे जब कभी तापक्रम नापना पड़ता है तब जिस चिन्हपर पारा पहुँचता है उसको न लिखकर अशुद्धि (0.4) घटानेसे जो अंक आता है वही लिखा जाता है। जैसे तापमापकसे तापक्रम 40.4° श पढ़ा जाता है तो, यथार्थमें 40° श है। इस अशुद्धि-को घटाना पड़ता है, इसलिए इसको- 0.4° की अशुद्धि लिखते हैं और यह अशुद्धि पढ़े हुए तापक्रममें जोड़ दी जाती है।

अभ्यासार्थ प्रश्न-१७

(१) ऐसे दो प्रयोगोंका वर्णन करो जिनसे यह प्रकट हो जाय कि पुरुष गरमीसे फैलती है।

(२) यदि एक वस्तु जिसका तापक्रम बहुत ऊँचा हो, दूसरी वस्तु में जो कम तापक्रमकी हो स्पर्श करती हुई रची जाय तो क्या होता है ?

(३) यह नियम जानकर कि गरमीसे वस्तु फैलती है क्या काम लिया जा सकता है ?

(४) एक गरम कुल्पी आँधे में एक बर्तन में रखा गया जिसमें कुछ पानी था । थोड़ी देर में पानी कुल्पीकी गर्दन में चढ़ता हुआ देख पड़ा । इसका कारण बताओ ।

(५) शतांश तापमापकका एक चित्र हो और पारा भरनेकी रीति खूब स्पष्ट करके लिखो ।

(६) पानी ठंडा करना हो तो कैसे बर्तन में रखायें ?

(७) दूध बहुत देर तक गरम रखना हो तो कैसे बर्तनका प्रयोग करना चाहिए ?

(८) जिस पानीमें नमक घुला हुआ हो वह जल्दी उबलने लगेगा कि श्वच्छ पानी ?

(९) द्रवणांक और कथनांकसे क्या तात्पर्य है ?

(१०) शतांश तापमापकके नाम पड़नेका क्या कारण है ?

११-भिन्न भिन्न तापमापकों की तुलना

शतांश और फ़ारनहैट तापमापक

अभी तक एक ही प्रकारका तापमापक बतलाया गया है जिसमें द्रवणांकको शून्य और कथनांकको १०० मानकर उनके बीचकी दूरी १०० समान अंशों में बाँट देते हैं । यह तापमापक सब देशों में वैज्ञानिक कार्यों में और फ़्रान्स देश में सभी कार्यों में प्रयोग किया जाता है । विट्रिश देश में (Fahrenheit) फ़ारनहैट तापमापक अधिकतर प्रयोग किया जाता है । इसलिए इसके

रंग-में भी जान लेना आवश्यक है। इसमें द्रवणांकको 32° और कथनांकको 212° कहते हैं। इनके बीचकी दूरीको 180 समान भागोंमें विभक्त करते हैं और प्रत्येकको फ़ारनहैट अंश कहते हैं। यदि फ़ारनहैट तापमापकमें पारा उस चिह्नतक रहे जहाँ 40 लिखा हो तो तापक्रम 40° फ़ कहला जाता है, इत्यादि। यह स्पष्ट है कि फ़ारनहैट अंश शतांशसे छोटा होता है, क्योंकि 180 अंश कथनांक और द्रवणांकके बीचके 180 भागके समान होता है और शतांश 180 भागके समान। इसलिये 100° श = 180° फ़ (or 100° C = 180° F)

$$\text{या } 1^{\circ} \text{ श} = 1.8^{\circ} \text{ फ़};$$

$$\text{या } 1^{\circ} \text{ श} = 1.8^{\circ} \text{ फ़}$$

$$\text{या } 1^{\circ} \text{ फ़} = 0.56^{\circ} \text{ श}$$

शतांश तापक्रमसे फ़ारनहैट तापक्रममें और फ़ारनहैट तापक्रम-
में शतांशमें लाना।

उदाहरण (१)—एक कमरेका तापक्रम शतांशतापमापकमें 36° है।
यदि फ़ारनहैट तापमापक होता तो हमसे कौनसा तापक्रम प्रकट होता ?

36° श० द्रवणांकमें 36 अंश ऊपर है,

$$\therefore 36^{\circ} \text{ श०} = 36^{\circ} \times \frac{1.8}{1} \text{ फ़ द्रवणांकमें ऊपर}$$

$$= 64.8^{\circ} \text{ फ़ द्रवणांकमें ऊपर}$$

$$= 64.8^{\circ} \text{ फ़. } 32^{\circ} \text{ फ़ के ऊपर}$$

$$\therefore \text{ या० तापमापकमें तापक्रम} = 64.8 + 32$$

$$= 96.8 \text{ फ़}$$

उदाहरण २—शतांश तापमापकसे द्वारा तापक्रम -5° ज्ञात है जो
फ़ारनहैट तापमापकसे द्वारा तापक्रम क्या होगा ?

$$-5^{\circ} \text{ श०} = 5^{\circ} \text{ श द्रवणांकके बीच}$$

विय-में भी जान लेना आवश्यक है। इसमें द्रवणांकको 32° और कथनांकको 212° कहते हैं। इनके बीचकी दूरीको १८० समान भागोंमें विभक्त करते हैं और प्रत्येकको फ़ारनहैट अंश कहते हैं। यदि फ़ारनहैट तापमापकमें पारा उस चिह्नतक रहे जहाँ ५० लिखा हो तो तापक्रम ५० फ़ कहला जाता है, इत्यादि। यह स्पष्ट है कि फ़ारनहैट अंश शतांशसे छोटा होता है, क्योंकि ५० अंश कथनांक और द्रवणांकके बीचके १८० भागके समान होता है और शतांश १८० भागके समान। इसलिए 100° श = 180° फ़ (or 100° श = 180° F)

$$\text{या } 1^{\circ} \text{ श} = \frac{5}{9} \text{ फ़}$$

$$\text{या } 1^{\circ} \text{ श} = \frac{5}{9} \text{ फ़}$$

$$\text{या } 1 \text{ फ़} = \frac{9}{5} \text{ श}$$

शतांश मापक्रमसे फ़ारनहैट तापक्रममें और फ़ारनहैट तापक्रम-को शतांशमें लाना।

उदाहरण (१)—एक कमरेका तापक्रम शतांशतापमापकसे 36° है। यदि फ़ारनहैट तापमापक होता तो उससे कौनसा तापक्रम प्रकट होता?

36° श० द्रवणांकसे 36 अंश ऊपर है,

$$\therefore 36^{\circ} \text{ श०} = 36^{\circ} \times \frac{5}{9} \text{ फ़ द्रवणांकसे ऊपर}$$

$$= 64^{\circ} \text{ फ़ द्रवणांकसे ऊपर}$$

$$= 64^{\circ} \text{ फ़. } 32^{\circ} \text{ फ़ के ऊपर}$$

$$\therefore \text{ फ़ा० तापमापकसे तापक्रम} = 64^{\circ} + 32^{\circ} \\ = 96^{\circ} \text{ फ़.}$$

उदाहरण-

$$= 2^{\circ} \times \frac{5}{2} \text{ फ द्रवणांकके नीचे}$$

$$= 5^{\circ} \text{ फ द्रवणांकके नीचे, जो } 32^{\circ} \text{ फ है।}$$

इसलिए जो तापक्रम -2° फ से सूचित होता है वही $(32-5)^{\circ}$ फ 27° फ से सूचित होता है।

उदाहरण ३-क्रारनहेट तापमापकके द्वारा एक द्रवका तापक्रम 5° फ है तो शतांश तापमापकसे वही तापक्रम क्या पढ़ा जावेगा ?

$$\text{द्रवका तापक्रम} = 52^{\circ} \text{ फ}$$

$$52^{\circ} \text{ फ} = 52^{\circ} - 32^{\circ} \text{ फ द्रवणांकके ऊपर}$$

$$= 20^{\circ} \text{ फ द्रवणांकके ऊपर}$$

$$= 20^{\circ} \times \frac{5}{9} \text{ श द्रवणांकके ऊपर}$$

$$= 11.1^{\circ} \text{ श द्रवणांकके ऊपर जो } 0^{\circ} \text{ श है।}$$

∴ शतांश तापमापकसे वही तापक्रम 11.1° श पढ़ा जावेगा।

उदाहरण ४- 12° फ, शतांश तापमापकसे क्या पढ़ा जावेगा ?

$$12^{\circ} \text{ फ} = 32^{\circ} - 12^{\circ} \text{ फ द्रवणांकके नीचे}$$

$$= 20^{\circ} \text{ फ द्रवणांकके नीचे}$$

$$= 20 \times \frac{5}{9} \text{ श द्रवणांकके नीचे}$$

$$= 11.1^{\circ} \text{ श द्रवणांकके नीचे जो } 0^{\circ} \text{ श है}$$

$$= -11.1^{\circ} \text{ श}$$

उदाहरण ५-किस तापक्रमपर शतांश और क्रारनहेट तापमापकों में पारा एक ही चिन्होंपर होगा ?

मान लो वह तापक्रम x° फ है।

$$\text{अनुसार } x^{\circ} \text{ श} = x^{\circ} \text{ फ} \dots\dots(1)$$

$$x^{\circ} \text{ श} = x^{\circ} \text{ शतांश द्रवणांकके ऊपर}$$

(५) फ़ारनहैट तापमापकसे एक द्रवका तापक्रम 110° पढ़ा जाता है। एक बिगडा हुआ शतांश तापमापक प्रयोग करनेसे उसी द्रवका तापक्रम 44° पढ़ा जाता है। शतांश तापमापकमें कितनी शुद्धि है?

(६) दो तापमापक समान घुंडीके हैं परन्तु शाखाके छिद्रोंकी चौड़ाईमें भिन्नता है। किस तापमानमें दोनों स्थिर चिन्होंके बीचकी दूरी अधिक होगी? इसको एक उदाहरण देकर समझाओ।

(७) तापमापकका छिद्र चौड़ा रखा जाय तो क्या दोष होगा?

फ़ारनहैट और शतांश तापक्रमोंका ग्राफ़

यह प्रत्येक विद्यार्थीकी समझमें आ गया होगा कि शतांश तापक्रमको फ़ारनहैट तापक्रममें वा फ़ारनहैटको शतांश तापक्रममें बदलनेकेलिए कुछ गणना करनी पड़ती है। यदि प्रत्येकके पास इन दोनों तापक्रमोंका एक ग्राफ़ (graph) रहे तो गणना करनेकी कोई आवश्यकता नहीं पड़ती। किसी दो परिमाणोंका ग्राफ़ वह सीधी वा वक्र रेखा है जो उन परिमाणोंका सम्बन्ध बतलाती हो। ग्राफ़का बनाना भी ऐसा सरल है कि सब कोई इसको स्वयम् बना सकता है। इसके खींचनेकी दो रीतियां हैं, (१) गणनाके द्वारा और (२) प्रयोग-के द्वारा।

(१) गणना करके ग्राफ़ खींचना

मान लो गणना करनेसे दोनों तापक्रमोंका यह सम्बन्ध निकलता है—

$$14^{\circ} \text{ श} = 48^{\circ} \text{ फ}$$

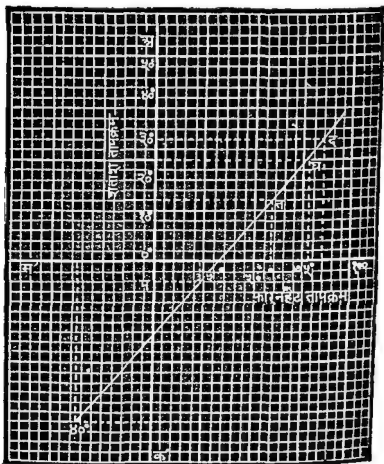
$$24^{\circ} \text{ श} = 73^{\circ} \text{ फ}$$

$$30^{\circ} \text{ श} = 86^{\circ} \text{ फ}$$

$$44^{\circ} \text{ श} = 112^{\circ} \text{ फ}$$

फ़ाहरनहैट और शतांश तापक्रमोंका ग्राफ़

क



चित्र ३६ [देखो पृष्ठ १४५]

कौनसी आड़ी लकीर 15° श को सूचित करती है। फिर देखो 'प्र स' रेखाको विभक्त करनेवाली कौनसी खड़ी लकीर 45° फ सूचित करती है। देखनेसे पता लगता है कि 45° फ 45° और 60° फ वाली रेखाओंके बीचमें है। इसलिए इन दोनोंके बीचकी दूरीको ५ मानसिक भागोंमें विभक्त करके ४ भाग छोड़ दिये गये, तब उसी स्थानसे खड़ी कटी हुई रेखा खींची गयी। जहाँ यह रेखा 15° श वाली रेखासे मिलेगी वहीं दोनों तापक्रमोंका बदलानेवाला बिन्दु त समझना चाहिए। इसी प्रकार और बिन्दुओंको जैसे थ. द, थ न इत्यादि-को स्थिर कर लो। यदि एक सीधमें हों तो इनपर रूलसे रेखा खींचकर इधर उधर बढ़ा दो। यही रेखा शतांश और फ़ारनहैट तापक्रमोंका प्राक है।

यह ग्राफ़ 'प्र स' अर्थात् फ़ारनहैट तापक्रमको सूचित करने वाली रेखाको 30° और 35° फ के बीचमें काटता है और प्र स रेखाको लगभग 1° नीचेकी ओर अर्थात् 13° पर। इससे यह प्रकट होता है कि जब शतांश तापक्रम 0° हो तो फ़ारनहैट तापक्रम 30 और 35 के बीचमें होता है। वास्तवमें 0° श का तापक्रम 32° फ होता है। ग्राफ़के ठीक न खिंचनेसे यह अशुद्धि हुई है। और जब फ़ारनहैट तापक्रम 0° हो तो शतांश- 1° होता है; वास्तवमें होना चाहिए- 13° श। जिस समय शतांशमें- 40° तापक्रम होता है, फ़ारनहैटमें- 40° के लगभग होता है, यथार्थ में उस समय दोनों- 40 होते हैं।

एक तापक्रमको दूसरे तापक्रममें बदलनेके लिए येा करना चाहिए—

मान लो 63° श को फ़ारनहैट तापक्रममें बदलना है। देखनेसे मालूम होता है कि शतांश सूचित करनेवाली रेखा-

पर यह अंक '८' पर पड़ता है। यहाँसे आड़ी लकीरके साथ साथ प्राफ़की ओर चलो और जिस बिन्दुपर प्राफ़ मिल जाय जैसे '४' यहाँसे नीचे उतरो और देखो फ़ारनहैट तापक्रम-बाली रेखा कहां मिलती है। उदाहरणमें यह १५२ या १५३ के पास पहुँचती है इसलिए १५२ '५ फ = ६७ श। गणनासे ६७ श = १५२ '६ फ। २ और ३ चित्रमें नहीं दिखाये गये हैं।

(२) दूसरी रीति यह है—

प्रयोग ४—एक थोकरमें आधा पानी भरकर लोहेकी त्रिपादपर (tripod stand) जाली (wire gauze) रखकर बलनेतक गरम करो। लम्प घुम्मा दो और थोकरमें एक शतांश तापमापक और एक फ़ारनहैट तापमापक रखो और एक ही समय दोनों तापमापकोंसे पानीके तापक्रम देखो और इनको लिख लो। इसी तरह १५, या १६ बार कुछ कुछ देरमें तापक्रम नापो। इन्हींके सहारे ऊपरवाली रीतिके अनुसार प्राफ़ घींचो।

इस बातका ध्यान रखो कि तापक्रम मापते समय ताप मापककी घुंडी पानीके बाहर न निकली रहे और दोनों ताप-मापकोंकी घुंडियाँ एक दूसरेके पास हों और साथसाथ एक दूसरेसे मिली रहें।

यदि समान समयमें तापक्रम नापना चाहो तो सबसे पहली देखाओ और तापक्रमोंका पढ़ना दोनों नहीं हो सके। इसलिए दो लड़कोंके मिलकर काम करना पड़ेगा। एक तापक्रम पढ़ता जाय और दूसरा घड़ी देखकर समय बतलाना जाय और तापक्रमोंको लिखना जाय। समय बतलानेवालेको चाहिए कि तापक्रम पढ़नेके उचित समयसे १० सेकंड पहले सूचना दे दे जिससे पढ़नेवाला सावधान

रेखाके समानान्तर है ? स्थिर तापक्रमके नीचे मोम ठोस है त
[देखो चित्र ४०]

यह स्थिर तापक्रम मोमका द्रवणांक कहलाता है ।

३—गन्धकका द्रवणांक ऊपरवाली रीतिसे निकालो । 110° श. व
गन्धकको गरम करो और 100° श. तक उतारकर लाओ बाँचके का
क्रमोंको खड़ी लकीर और समयको आड़ी लकीरसे सूचित करके टांक दो

४—नफथलीनका द्रवणांक निकालो ।

नोट—आरम्भमें जब अम्प्यास कम रहता है परत-नलीमें रख
किसी वस्तुको लम्पकी आंचमें साँधे गरम करनेमें एक तो भीतरकी व
बराबर एक आंचपर देरतक नहीं रह सकती दूसरे परतनलीके कमरेस कां
पाकर टूट जानेका डर रहता है इसलिए यदि कोई वस्तु 100° श. तक गर
करनी हो तो उसके लिए बीचमें पानी आधा भर दो और उसी पानीमें
परत-नली रख दो जिसमें वस्तु गरम करनी है अब पानीको आंचमें दाल
करो, जैसा प्रयोग ४६ में बतलाया गया है ।

गंधक पिघलानेकेलिए पानीका प्रयोग करना अच्छा नहीं क्योंकि
गंधक 100° श. के ऊपर पिघलता है, और पानी 100° श. से ऊ
गरम नहीं किया जा सकता, इसलिए उसके स्थानमें कोई तेल या ग्लिसरीन
का ही प्रयोग करना उचित होगा ।

द्रवणांक मालूम करनेकी दूसरी विधि

प्रयोग ४६—कांच-नलीका एक ५, ६ इंचका टुकड़ा
लेकर दोनों सिरोंको दोनों हाथोंसे पकड़कर बीचोबीच
लम्पसे गरम करो । गरम करते समय कांच-नलीको घुमाते
जाओ जिसमें चारों ओर समान गरम हो—नहीं तो टूट
जायगी । जब इतना पिघल जाय कि खींची जा सके तब

निकालकर खींच लो जिससे एक पतली कांच-नली

मोटाई $1\frac{1}{2}$ या २ मि० मी० हो निकल आवे । इसी
से ०. मी० लम्बी काटकर मोम या जिस किसी पदार्थका-

अभ्यासार्थ प्रयोग

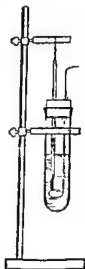
१—उपरकाले छानेके घाँके सहारे एक घाऊ ऐसा खींचो जो पानीके गहनेकी जाल या रेट (rate) अर्थात् समय और तापक्रमके उतरनेका मन्थ सूचित करे।

नोट १—समयको एक मीटरी रेत्यामे और किसी एक छानेके तापक्रमों दूसरी मीटरी रेत्यामे सूचित करके बिन्दुओंको स्थिर करो और रूखीवो।

नोट २—तापक्रमका उतरना सूचित करनेकेलिए खड़ी रेत्या अच्छी गैरै केविक तापक्रमका बढ़ना खड़ी रेत्याके द्वारा ऊपर जानेसे सूचित हो और उतरना, उमीपर नीचे जानेसे। समय आडी रेत्यामे सूचित हो चाहिये।

जो परिमाण बढ़ना उतरना सूचित करे वह १ मीटरी लकीरके द्वारा सूचित किया जाना हो।

२—एक पास-नलीमें आधेके लगभग पैराफ्रीन के छोटे छोटे टुकड़े रखो और खम्पसे बहुत ही आचमे पिघला लो। जब सब पिघल जाय आचमे द्वारा एक दृष्टिमें बसकर चित्र ४० की रेत्या लो और पिघले हुए मोममें एक ताप कर दो। तीस तीस सेकंडमें तापक्रमको, जब ३०° ज तक तापक्रम उतर जाय, काम कर दो। बीच बीचमें कभी कभी तापमापकसे समयें दिलाते जाओ परन्तु यह ध्यान रखो कि तापक्रम की घुंटी मोममें बाहर न निकलने पावे क्योंकि खड़ी लकीरसे और समयको आडी रेत्यामे सूचित करके घाऊ खींचो। कौनसा ताप-बहुत देरतक स्थिर रहता है और इस तापक्रम-रखानेवाले बिन्दुओंपर खींची हुई रेत्या किस



चित्र ४०

होकर अपनी आंख तापमापकोंपर ही गड़ाये रहे और उचित समयके आते ही अर्थात् घड़ी देखनेवालेके सूचना देते ही दोनों तापक्रमोंको बतला सके।

प्रति दो लड़कोंके पास एक सेकंड बतलानेवाली घड़ी न हो तो कोई एक लड़का या अध्यापक स्वयम् घड़ी ले लें और सब लड़कोंको उचित समयसे १० सेकंड पूर्व घंटी या किसी शब्दसे सूचित कर दें। यह सुनते ही सब लड़के सावधान होकर तापमापकोंको देखने लग जायें और उचित समयकी सूचना देते ही सब, दोनों तापक्रमोंको लिख लें।

*यदि इतने तापमापक न हों तो एक लड़का एक प्रकारका तापमापक और दूसरा दूसरे प्रकारका उसी पानीमें रखकर तापक्रम अलग अलग पढ़े।

तापक्रमोंको लिखनेकेलिए पहलेसे नीचेकी तरह खाने खांच लेने चाहिएँ—

समयका अन्तर	शतांश तापक्रम	उसी मुकामिलेका फ़ारनहैट तापक्रम
आरम्भमें.....		
१ मिनिट पर		
२ " "		
३ " "		

* इस प्रयोगके करनेमें प्रत्येक लड़केको एक शतांश और एक डिग्री तापमापककी आवश्यकता पड़ेगी।

रेखाके समानान्तर है ? स्थिर तापक्रमके नीचे मोम ठोस है या द्रव [देखो चित्र ४०]

यह स्थिर तापक्रम मोमका द्रवणांक कहलाता है ।

३—गन्धकका द्रवणांक ऊपरवाली रीतिमें निकालो । 120° श ताप गन्धकको गरम करो और 100° श तक उतारकर छात्रो बीचके ताप क्रमोंको खड़ी लकीर और समयको आड़ी लकीरसे सूचित करके ग्राफ खींचो

४—नफथलीनका द्रवणांक निकालो ।

नोट—आरम्भमें जब चम्पास कम रहता है परस्व-नलीमें रखकर किसी वस्तुको लम्पकी आंचमें सीधे गरम करनेमें एक तो भीतरकी वायु बराबर एक आंचपर देरतक नहीं रह सकती दूसरे परस्व-नलीके कमबेश आंच पाकर टूट जानेका डर रहता है इसलिए यदि कोई वस्तु 100° श तक गरम करनी हो तो उसके लिए बीचमें पानी आधा भर दो और उसी पानीमें वह परस्व-नली रख दो जिसमें वस्तु गरम करनी है अब पानीको आंचसे गरम करो, जैसा प्रयोग ४६ में बतलाया गया है ।

गंधक पिघलानेकेलिए पानीका प्रयोग करना अच्छा नहीं क्योंकि गंधक 100° श के ऊपर पिघलता है, और पानी 100° श से ऊपर गरम नहीं किया जा सकता, इसलिए उसके स्थानमें कोई तेल या ग्लिसरीन-का ही प्रयोग करना उचित होगा ।

द्रवणांक मालूम करनेकी दूसरी विधि

प्रयोग ४६—कांच-नलीका एक ५, ६ इंचका टुकड़ा लेकर दोनों सिरोंको दोनों हाथोंसे पकड़कर बीचोंबीच लम्पसे गरम करो । गरम करते समय कांच-नलीको घुमाते जाओ जिसमें चारों ओर समान गरम हो—नहीं तो टूट जायगी । जब इतना पिघल जाय कि खींची जा सके तब बाहर निकालकर खींच लो जिससे एक पतली कांच-नली जिसकी मोटाई $1\frac{1}{2}$ वा २ मि० मी० हो निकल आवे । इसी-मेंसे १ सें० मी० लम्बी काटकर मोम या जिस किसी पदार्थका-

द्रवणांक निकालना हो उस थारीक नलीमें भर दो। तापमापककी लम्बी घुंडीमें इसे डोरेसे बंधकर बांध दो। तापमापकको धीकरके पानीमें रखकर डट्टेमें कमदो। (चित्र ४१)।

धीमी आँचमें धीकरका पानी गरम करो और मथनी (stirrer) या हिलानेवाले-में ऊपर नीचे पानी हिलाओ जिसमें चारों ओर गरमी बराबर फैले। नलिकाका मोम ज्यों ज्यों पिघलता जायगा पारदर्शक होता जायगा। इसी समय तापक्रम पढ़ना चाहिए। जब सब पिघल जाय, आँच हटाकर पानी ठंडा करो और मथनीमें हिलाओ। अब मोम जमने लगेगा अपारदर्शक होने लगेगा। यह तापक्रम भी पढ़ लो। यदि बहुत सावधानी की जावेगी तो जमने और



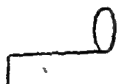
चित्र ४१

पिघलनेके समयके ताप-क्रममें बहुत अन्तर न होगा। इसी तरह कई पार-गम और ठंडा करके ताप-क्रम पढ़ो और मधुकी औसत निकालो। यही मोमका द्रवणांक होगा।

धुपरी बने बकायी जानी है ?

८, १० ई.ब

सामवेको



में पहुंच जाता है। द्रव और घायव्य दोनों प्रकारके पदार्थ बहते हैं, इसी तरह गरमी फैलाते हैं और इसी गुणके सहारे गरम किये जाते हैं। इसको परिवाहन (convection) कहते हैं। परिवाहनके द्वारा ताप नीचेसे ऊपरको जाता है।

(३) तीसरी प्रकारसे ताप सभी दिशाओंमें बिना किसी वस्तुके सहारे ही फैलता है और सब दिशाएँ गरम होती हैं। इसको विकिरण (radiation) कहते हैं। इसके द्वारा गरमी एक ठोसमें दूसरे ठोसमें जिनसे कोई लगाव नहीं है पहुंचती है। सूर्यसे पृथ्वीतक गरमी इसी प्रकार आती है। इस ताप-संचालनमें यह कोई आवश्यकता नहीं कि माध्यम (medium) भी गरम हो जाय। सूर्यसे गर्मी आते समय सूर्य और पृथ्वीके अन्तरालमें व्यापक आकाश (ether) और धरतीके वायुमंडलमें गरमी नहीं पहुंचती। हवा तो पृथ्वीकी गरमीसे गरम होती है।

अब प्रत्येकका वर्णन कुछ प्रयोगोंके साथ किया जायगा।

तापपरिचालन

प्रयोग ४३ से यह स्पष्ट हो चुका होगा कि कमरेमें रखी हुई सब वस्तुएँ साधारण अवस्थामें एक ही तापक्रमपर होती हैं परन्तु स्पर्श करनेसे यह अनुभव होता है कि कोई वस्तु ठंडी है और कोई कुछ ठंडी और कोई न ठंडी न गरम। यह बात जाड़ेके दिनोंमें या गर्मीके दिनोंमें विशेषकर पायी जाती है। कोई चीज़ इतनी ठंडी होती है कि हाथ बहुत देर-तक रखा नहीं जा सकता—ऐसी चीज़ें अधिकतर धातुकी होती हैं। लकड़ी, ऊन इत्यादिमें यह नहीं पाया जाता। बात यह है कि रहती तो सभी वस्तुएँ एक ही तापक्रमपर हैं, परन्तु

यनाथो । फिर मेज़पर रखकर उस स्थानसे तार सीधा खड़ा करो जहाँसे मोड़ आरम्भ होता है । ऊपरवाले सिरोंको दूसरी ओर मोड़ दो । यस मधनी तैयार हो गयी । तब रूप चित्र ४२ (२) की भांति हो जायगा ।

११-तापका फैलना

ताप परिचालन, तापपरिवाहन और ताप विनिमय—

एक स्थानसे दूसरे स्थानको ताप तीन तरहसे जाता है—

(१) जब किसी वस्तुका एक भाग गरम किया जाता है, ताप गरम स्थानसे उसके पासवाले ठंडे स्थानपर पहुँच कर उसको गरम करता है, फिर वहाँसे, उसके आगेवाला भाग गरम होता है, इसी तरह सारी वस्तु गरम हो जाती है । तापके इस प्रकार फैलनेको तापपरिचालन (conduction) कहते हैं । अपने इसी गुणसे ठोस पदार्थ गरम होते हैं । धातुकी वस्तुओंमें जैसे चीमटा, छड़ या तारका एक सिरा आगमें रखनेसे, इसी गुणके कारण दूसरे सिरेतक गरमी पहुँच जाती है ।

(२) वहनेवाली वस्तुओंमें ताप एक भागसे दूसरे भागमें स्वयम् नहीं जाता वरन् एक अंशके गरम होनेसे जब वह गरम अंश फैलकर और हलका होकर ऊपर चला जाता है तब गरमी भी उसीके साथ साथ चली जाती है । उसी समय ठंडे स्थानसे ठंडी वस्तु भारी होनेके कारण गरमीके स्थानपर पहुँचकर गरम होती और ऊपर चली जाती है । इस तरह ताप गरम वहनेवाली वस्तुके साथ एक स्थानसे दूसरे स्थान-

पहुंच जाता है। द्रव और घायव्य दोनों प्रकारके पदार्थ ऐसे हैं, इसी तरह गरमी फैलाने हैं और इसी गुणके सहारे रम किये जाते हैं। इसको परिवाहन (convection) कहते हैं। रियाहनके द्वारा ताप नीचेसे ऊपरको जाता है।

(३) तीसरी प्रकारसे ताप सभी दिशाओंमें बिना किसी स्तुके सहारे ही फैलता है और सब दिशाएँ गरम होती हैं। को विकिरण (radiation) कहते हैं। इसके द्वारा गरमी एक सम दूसरे ठोसमें जिनसे कोई लगाव नहीं है पहुंचती है। पृथ्वीतक गरमी इसी प्रकार आती है। इस ताप-चालनमें यह कोई आवश्यकता नहीं कि माध्यम (medium) गरम हो जाय। सूर्यसे गर्मी आते समय सूर्य और पृथ्वी-अन्तरालमें व्यापक आकाश (ether) और धरतीके पुमंडलमें गरमी नहीं पहुंचती। हवा तो पृथ्वीकी गरमीसे म होती है।

अब प्रत्येकका वर्णन कुछ प्रयोगोंके साथ किया जायगा।

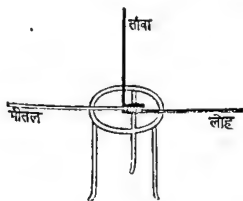
तापपरिचालन

प्रयोग ४३ से यह स्पष्ट हो चुका होगा कि कमरेमें रखा : सब वस्तुएँ साधारण अवस्थामें एक ही तापक्रमपर होती परन्तु स्पर्श करनेसे यह अनुभव होता है कि कोई वस्तु ही है और कोई कुछ ठंडी और कोई न ठंडी न गरम। यह त जाड़ेके दिनोंमें या गरमीके दिनोंमें विशेषकर पाया ती है। कोई चीज़ इतनी ठंडी होती है कि हाथ बहुत देर-रखा नहीं जा सकता—ऐसी चीज़ें अधिकतर धातुकी ती हैं। लकड़ी, ऊन इत्यादिमें यह नहीं पाया जाता। बात : है कि रहती तो सभी वस्तुएँ एक ही तापक्रमपर हैं, परन्तु

यह तापक्रम जाड़े के दिनों में शरीर के तापक्रम से नीचा होता है और गर्मी के दिनों में शरीर के तापक्रम से बहुत अधिक। इसका परिणाम यह होता है कि जिन वस्तुओं में गर्मी शरीर से बहुत शीघ्रता के साथ निकलकर चली जाती है वह ठंडी प्रतीत होनी हैं और जिन वस्तुओं में तापको शीघ्रता के साथ ले जाने का गुण नहीं है वह इतनी ठंडी नहीं मालूम होती। गर्मी के दिनों में वही वस्तुएं अधिक गरम मालूम होती हैं जा जाड़े के दिनों में ठंडी मालूम होती हैं क्योंकि इस समय इनमें से गर्मी बड़ी शीघ्रता के साथ निकलकर शरीर में घुसने लगती है। इससे यह पता चलता है कि सभी ठोस वस्तुओं में गर्मी एक ही चाल से नहीं परिचालन करती। जिनमें तापका परिचालन शीघ्रतापूर्वक होता है वह परिचालक (conductor) और जिनमें ताप बहुत कम परिचालन करता है उसको अपरिचालक (non-conductor) कहते हैं। परिचालकों में भी सेना सर्वोत्तम (best conductor of heat) ताप-परिचालक है, उसके पीछे चांदी और चांदी के पीछे तांबा, इत्यादिका नम्बर आता है। परिचालन की तुलना करने की कुछ मोटी रीतियां यह हैं—

प्रयोग ५०—तांबा, पीतल और लोहे का एक एक छड़ जो लम्बाई और मोटाई में बराबर हो लो। उनमें से किसी एक को एक किनारे एक इंच की दूरी पर मोड़कर समकोण बना दो और तीनों को तांबे के तार से मोड़ से मिलाकर फसकर बांध दो (चित्र ४३)। इनको लोहे की त्रिपाई पर ऐसे रखो कि तीनों का जोड़ केन्द्र में पड़े। प्रत्येक छड़ के नीचे कोई लकड़ी या और अपरिचालक वस्तु का टुकड़ा रख दो जिससे त्रिपदस्तम्भ को धातु से स्पर्श न हो सके नहीं तो कुछ ताप वहीं से त्रिपदस्तम्भ-

में घुम जायगा। पिघला हुआ मोम पंखसे तीनोंपर बराबर जुड़ दो। जम जाय तब लम्गसे जोड़को इस प्रकार गरम



चित्र ४३

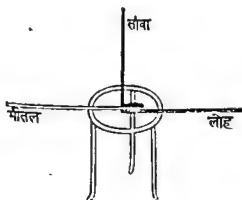
करो कि मध्य तारोंमें गरमी समान लगे। जिस तारपरका मोम जल्दी दूरतक पिघल जायगा वह तीनोंमें सर्वोत्तम परिचालक है। उसके बाद यह होगा जिसमें गरमी पहिलेसे कुछ मन्द चलती है, परन्तु तीसरेसे तेज। इसी प्रकार और पदार्थोंके परिचालकत्व (conductivity) की तुलनाकी जा सकती है।

प्रयोग ५१—ऊपरके दो सीधे तारोंको निकालकर तिनारेमें समान दूरीपर पतला मोम चुपड़कर एक ही पदार्थके और समान नोलकी कुछ गोलियां चिपका दो और स्तम्भोंके द्वारा इनको धरातलके समानान्तर एक सीधमें सिरोंको मिलाकर रखो जिसमें दोनों समान भावसे गरम हो सकें।

यह तापक्रम जाड़े के दिनों में शरीर के तापक्रम से नीचा होता है और गर्मी के दिनों में शरीर के तापक्रम से बहुत अधिक। इसका परिणाम यह होता है कि जिन वस्तुओं में गर्मी शरीर से बहुत शीघ्रता के साथ निकलकर चली जाती है वह ठंडी प्रतीत होती हैं और जिन वस्तुओं में तापको शीघ्रता के साथ ले जाने का गुण नहीं है वह इतनी ठंडी नहीं मालूम होती। गर्मी के दिनों में वही वस्तुएं अधिक गरम मालूम होती हैं जा जाड़े के दिनों में ठंडी मालूम होती हैं क्योंकि इस समय इनमें से गर्मी बड़ी शीघ्रता के साथ निकलकर शरीर में घुसने लगती है। इससे यह पता चलता है कि सभी ठोस वस्तुओं में गर्मी एक ही चाल से नहीं परिचालन करती। जिनमें तापका परिचालन शीघ्रतापूर्वक होता है वह परिचालक (conductor) और जिनमें ताप बहुत कम परिचालन करता है उसको अपरिचालक (non-conductor) कहते हैं। परिचालकों में भी सेना सर्वोत्तम (best conductor of heat) ताप-परिचालक है, उसके पीछे चांदी और चांदी के पीछे तांबा, इत्यादिका नम्बर आता है। परिचालन की तुलना करने को कुछ मोटी रीतियां यह हैं—

प्रयोग ५०—तांबा, पीतल और लोहे का एक एक छड़ जो लम्बाई और मोटाई में बराबर हो लो। उनमें से किसी एक को एक किनारे एक इंच की दूरी पर मोड़कर समकोण बना दो और तीनों को तांबे के तार से मोड़ से मिलाकर कसकर बांध दो (चित्र ४३)। इनको लोहे की तिपाई पर ऐसे रखो कि तीनों का जोड़ केन्द्र में पड़े। प्रत्येक छड़ के नीचे कोई लकड़ी या और अपरिचालक वस्तु का टुकड़ा रख दो जिससे त्रिपदस्तम्भ की धातु से स्पर्श न हो सके नहीं तो कुछ ताप यहीं से त्रिपदस्तम्भ-

में घुस जायगा। पिघला हुआ मोम पंखसे तीनोंपर बराबर बून्दे दो। जम जाय तब लम्पसे जोड़को इस प्रकार गरम

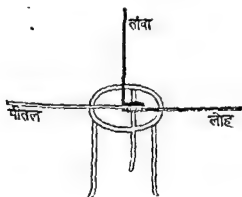


चित्र ४३

को कि मध तारोंमें गरमी समान लगे। जिस तारपरका मोम जल्दी दूरतक पिघल जायगा वह तीनोंमें सर्वोत्तम परिचालक है। उसके बाद यह होगा जिसमें गरमी पहिलेसे कुछ मन्द चलती है, परन्तु तीसरेसे तेज। इसी प्रकार और पदार्थोंके परिचालकत्व (conductivity) की तुलनाकी जा सकती है।

प्रयोग ५१—ऊपरके दो सीधे तारोंको निकालकर किनारेसे समान दूरीपर पतला मोम धुपड़कर एक ही पदार्थके और समान तोलकी कुछ गोलियां चिपका दो और स्तम्भोंके द्वारा इनको धरातलके समानान्तर एक सीधमें सिरोंको मिलाकर रखो जिनमें दोनों समान भावसे गरम हो सकें

में धुस जायगा। पिघला हुआ मोम पंचसे नीनोंपर बराबर बुरद हो। जम जाय तब लग्नसे जोड़को इस प्रकार गरम



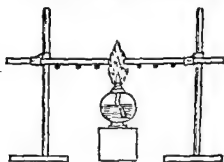
चित्र ४३

हो कि सब तारोंमें गरमी समान लगे। जिस तारपरका मोम जल्दी दूरतक पिघल जायगा वह तीनोंमें सर्वोत्तम परिचालक है। उसके बाद वह होगा जिसमें गरमी पहिलेसे कुछ मन्द खती है, परन्तु तीसरेसे तेज। इसी प्रकार और पदार्थोंके विद्युत्प्रवाह (conductivity) की तुलनाकी जा सकती है।

प्रयोग ५१—ऊपरके दो सीधे तारोंको निकालकर इनारेमे समान दूरीपर पतला मोम चुपड़कर एक ही पदार्थके दो समान तोलकी कुछ गोलियां चिपका दो। तब इनको बराबर तपकर

को
तक

(चित्र ४४) और मोमके गलनेसे गोलियां नीचेकी और गिर सके। गरम करनेपर जो अच्छा परिचालक होगा उससे चिपकी हुई गोलियां पहिले गिरना आरम्भ करेंगी।



चित्र ४४

मोमके द्वारा गो-
लियाँ चिपकानेके
स्थानमें यदि प्रत्येक
छड़पर गरम किये
जानेवाले सिरोंसे स-
मान दूरीपर एक टुक-
ड़ा (phosphorus)
फास्फोरस या प्रस्फुर
का रख दिया जाय

तो अच्छे परिचालकमें वह पहिले जल उठेगा। परिचालकत्व-
की कमी বেশी दिखानेकेलिए एक विचित्र प्रयोग किया जाता
है जिससे पता चलता है कि धातुकी अपेक्षा लकड़ी बहुत कम
परिचालक है। यों तो अनुभवसे सब जानते हैं कि जलती हुई
लकड़ीके न जलते हुए भागको जहां थाम लेते हैं, वहां आगमें
लाल लोहेके चीमटेका दूसरा सिरा भी थाम लेनेसे हाथ बिना
जले नहीं रह सकता। इस अनुभवसे तो स्पष्ट ही है कि लोहेमें
ताप बहुत चलता है और लकड़ीमें नहीं। यही हाल कांचका
भी होता है। कांच पिघलता रहता है और उस स्थानसे
थोड़ी दूरीपर हाथसे पकड़े रहते हैं।

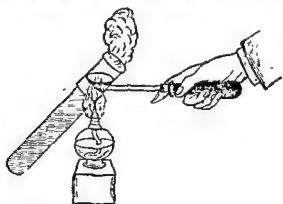
यह विचित्र प्रयोग यों किया जाता है—समान मोटाईके
दो बेलन एक पीतल वा ताम्बेका हो और दूसरा लकड़ीका
एक ही सीधमें सिरेपर जड़ दो। कागज़का एक पन्ना लेकर
इनपर फसकर लपेटो जिसमें आधा कागज़ पीतलपर रहे और

लकड़ी पर । अब यदि वह कच्चा हुआ कागज़ अग्नि-
शिखामें रखा जाए तो कागज़ का वह भाग जो लकड़ीमें लगा
हुआ है उसने लगेगा परन्तु पीतल या नाथ्येपर कच्चा हुआ
कागज़ ज्योंका त्यों रह जायगा । इसका कारण यह है कि
कागज़ वाक्शिमी घट्टनुको जमानेकेलिए उसको एक विशेष ताप-
घट्टनर जिसको ज्वलन-बिन्दु Ignition temperature कहते हैं,
पहचानना पड़ता है । जो कागज़ लकड़ीमें लगा हुआ है
वह अग्नि-शिखामें जलने लगता है क्योंकि जो गरमी अग्नि-
शिखामें लकड़ीमें आती है वह लकड़ीके अपरिचालकत्वके
कारण भीतर बकयाग्मी घुस नहीं जाती परन् ऊपर जमा
होने लगती है जिसमें कागज़का तापक्रम बहुत बढ़ जाता
है और कागज़ जलने लगता है । पीतलमें लगा हुआ
कागज़ नहीं जलता क्योंकि जो गरमी पहुँचती है वह
एक ही स्थानमें टहरने नहीं पाती परन्तु नुग्न पीतलमें फैल
जाती है, इसलिये ज्वलनक स्वाग पीतल उस तापक्रमतक
गरम न हो जाय जिसपर कागज़ जलता है तबतक
कागज़ नहीं जलगा ।

इसी गुणके सहारे कांचके घर्तन आंचसे टूटनेसे बचाये
जाते हैं । लोहेके तारकी जाली कांचके घर्तनोंके पेंदेके नीचे
गमकर जालीके नीचमें आंच देते हैं जिससे गरमी चारों ओर
फैलकर लगती है । नहीं तो कांचके अपरिचालकत्वके कारण
एक ही स्थान बहुत गरम होकर फैलना चाहता और
दूसरा गरमी न पाकर वैसा ही बना रहता और इस खींचा
तानीमें घर्तन टूट जाता । यदि घरतारकी जलती हुई गैसमें
जालीका टुकड़ा ऊपरसे धीरे धीरे नीचे लाया जाय तो
जालीके ऊपरवाली अग्नि-शिखा कुछ देरकेलिए कट जायगी

क्योंकि गरमी जालोंमें फैल जाती है। कुछ देरमें जब जाली गरम होकर लाल हो जायगी तब ऊपर भी गैस जलने लगेंगी मगर लौ उतनी लम्बी नहीं होगी। यदि घरनरके थोड़ी दूर ऊपर जाली थामकर गैस जलायी जाय तो जालोके ऊपर गैस जलेगी परन्तु नीचे नहीं, क्योंकि नीचेका तापक्रम जालीसे इतना नहीं बढ़ने पाता कि गैस जल उठे।

द्रवोंमें परिचालकत्व बहुत कम होता है। इसलिये इनको गरम करनेके लिए परिवहन से ही काम लिया जाता है। यदि कोई घरतनके ऊपर आग रखकर पानी गरम करना चाहे तो



चित्र ४५

बहुत ज्यादा आंच देकर बहुत थोड़ा काम निकलेगा। नीचेसे गरम करनेमें बहुत जल्दी कुल पानी गरम हो जायगा। यह एक प्रयोगसे स्पष्ट हो जायगा।

प्रयोग ५२—एक परखनलीमें तीन चौधार् पानी भरों और कुछ मुकाफर (चित्र ४५) सिरियाला पानी लम्पसे

गम करके गीला ढालो। पेंदेको छूकर देखो, ठंडा है। परन्तु वहाँ पानी गीलता था वहाँ अंगुली रखना कठिन होगा।

तापपरिवाहन

प्रयोग ५३—एक गोल पेंदेवाले कांचके बरतनमें बाघसे अधिक पानी भरकर चूँजनी रवेदार रंगका एक रवा वस्त्र घीरेसे गिरा दो और बहुत छोटी लौसे पेंदेको गरम करो (चित्र ४६)। रंगदार पानी बीचमें ऊपर उठेगा और गलसे नीचे टतरने लगेगा। इससे पता चलता है कि गरम पानी ऊपर उठता है और ऊपरका ठंडा पानी गलमें नीचे आता है। इस तरह रहते पैदा होती है और इन्हींसे सारा पानी गरम हो जाता है।



चित्र ४६

इसी गुणके कारण ठंडे देशोंमें एक स्थानमें आग जलाकर उसकी गरमी सारे मकानमें गरम पानीके नलोंके द्वारा पहुँचाते हैं और मकानको गरम करते हैं। बड़ी पुस्तकोंमें इन बातोंका पूरा वर्णन मिलेगा।

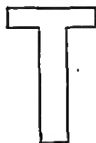
एक प्रयोग यही विचित्र है जो सभी अपने घरोंपर कर सकते हैं। इसलिए उसका वर्णन करना आवश्यक है। दढ़ लकड़दार कागज़का एक खुला सन्दूक बनाकर उसमें तीन-चौपाई पानी भरो और चारों किनारोंमें डोरा बांधकर डट्टीमें लटका दो। अग्नि-शिखासे पेंदेको छुलाते हुए मन्द आंचसे सन्दूक गरम करो, पानी उबलने लगेगा किन्तु कागज़ न जलेगा। कागज़ जलानेकेलिए ऊँचे तापक्रमकी आवश्यकता पड़ती है, परन्तु जो गरमी कागज़में लगती है उसको उसके

पान्थपाला पानी गरम होकर ऊपर बहा ले जाता है। इस तरह पानी तो कुछ गरम हो जाता है। परन्तु कागज़के जलनेकेलिए गरमी ही नहीं इफ़्टा हो पाती।

दशमं ताप परिवाहन

यह नीचेके प्रयोगसे स्पष्ट हो जायगा।

प्रयोग ५४—आयस्यकीय वस्तुपं—लम्बकी एक चि-



चित्र ४३



चित्र ४८

मनी, एक छोटी मोमबत्ती, कुछ मोटा कागज़, कैंची, थोकरमें पानी और चपटे पेंदेका छिछला बर्तन। कागज़ लेकर चित्र ४३ की तरह काट लो कि चिमनीके ऊपरी मुँहमें दो मार्ग बनाता हुआ रखा जा सके।

गाली बर्तनमें मोमबत्ती रखकर जलाओ और इसको चिमनीसे घेर दो। बत्ती स्थिर होकर जलती रहती है। थोकरसे धीरे धीरे पानी इतना छोड़ो कि चिमनीका निचला मुँह पानीके भीतर हो जाय। थोड़ी देरमें मोमबत्ती बुझ जायगी। मोमबत्ती जलाकर और चिमनीके ऊपरी मुँहमें घड़ी कटे हुए कागज़के द्वारा दो मार्ग बनाकर बलती हुई मोमबत्तीको फिर घेर दो। इस बार मोमबत्ती बलती रहेंगी। (चित्र ४८) बुझेगी नहीं किन्तु लौ दिलती रहेगी स्थिर नहीं रहेगी। जिससे अनुमान होता है कि हवाका झोंका जा रहा है। इसी दशामें यदि हाथ चिमनीके कुछ

आग साया जाय तो परदेको एक ओर बड़ी गरमी मालूम होगी। जिधर गरमी मानूम होती है उसी रास्तेसे गरम हवा निकल रही है। जिधर गरमी नहीं है उधरसे ताज़ा हवा भीतर जाकर पत्तीको जलनेमें सहायता पहुँचाती है। इस (convection current) परिवाहन धाराके कारण पत्ती हिलती है। इसकी परीक्षाके लिए एक पादामी कागज़को कई पत्तीमें लपेटकर एक मित्र जलाकर पुका देा जिसमें कागज़ धीरे धीरे जले और धुआँ दे। इसी धुआँको चिमनीके कुछ ऊपर ले जाओ तो जिधर टंडक मालूम होती है उसी मार्गसे धुआँ चिमनीमें घुसता हुआ दीयेगा और जिधर गरम हवा निकलती है उसी दरफ़से बाहर निकल आवेगा।

पहली पार जब यर्तनमें पानी नहीं छोड़ा गया था हवा नीचेमें धीरे धीरे जाती थी; इसलिए ऊपर देा मार्ग बनानेकी आवश्यकता नहीं पड़ी।

इस प्रयोगसे, बहुतसे परिणाम निकाले जा सकते हैं—

(१) हवा आने जानेकेलिए कमसे कम दो मार्ग होने चाहिए।

(२) चलनेकेलिए हवाकी आवश्यकता होती है।

मकानको हवादार बनाना—गरसातके दिनोंमें सभी टंडी हवाकेलिए तरस्त हैं परन्तु टंडी हवा यदि बाहर बहती भी हो तो कोठरीमें नहीं आने पाती, क्योंकि हवाके आने जानेकेलिए कमसे कम दो मार्ग आमने सामनेकी दीवारोंपर होने चाहिए, और कोठरियोंमें प्रायः एक ही दरवाज़ा होता है। परन्तु यह याद रहे कि दोनों मार्ग एक साथमें न हों क्योंकि इससे हवाका भौंका तो अवश्य आवेगा

गुणोंके जानने और पदार्थोंके पहिचाननेमें उनको भिन्नता और समानता जाननी होती है, अर्थात् यह जानना पड़ता है कि अमुक पदार्थ किस पदार्थसे कौन कौन गुणोंके कारण भिन्नता और कौन कौनसे गुणोंमें समानता रखता है। इस भिन्नता और समानतासे ही पदार्थोंका पहिचानना और उनसे लाम उठाना संभव है।

मंसारके पदार्थोंका ज्ञान हमको पांच ज्ञानेन्द्रियोंसे होता है। त्वचासे छूकर जानते हैं कि पदार्थ नरम, कड़ा, चिकना, गुरगुरा, ठंडा, या गरम है। आंखोंसे रूप रंग पहचानते हैं। कानोंसे शब्दका भेद समझते हैं, नाकसे सब तरहकी गंध सूंघते हैं। जीभसे भांति भांतिके स्वाद चखते हैं। निदान, इन पांचों इन्द्रियोंसे किसी पदार्थके बारेमें हम अनेक बातें जान सकते हैं, और गुणोंकी समानता और भिन्नतापर विचार करके पदार्थोंको अनेक प्रकारोंमें विभक्त कर सकते हैं और हर एककी अलग अलग पहचान-नियत कर सकते हैं।

अब हम थोड़ेसे उन गुणोंका वर्णन करेंगे जो इन्द्रियोंके सहारे हम सहज ही जान सकते हैं और जिनसे पदार्थोंका विभाग सहज ही हो सकता है।

पारदर्शिता (transparency)—जिस पदार्थके आरपार साफ़ साफ़ दीखता है उसे पारदर्शी और इस गुणको पारदर्शिता कहते हैं। हवा, पानी, कांच, बिल्लौरी पत्थर, अम्रक इत्यादि सभी पारदर्शक हैं।

अपारदर्शिता (opacity)—जिस पदार्थके आरपार नहीं दीखता और प्रकाशमें उसकी छाया पड़ती है उसे अपारदर्शी (opaque) और इस गुणको अपारदर्शिता कहते हैं जैसे सोना, चांदी, मिट्टी, दीवार, कागज, लकड़ी इत्यादि।

अन्यसादृशिता (translucency)—बहुतेरी वस्तुओंके आर-
पार प्रकाश नो जाता है पर रूप नहीं दीयता, तथा मनुष्य उन्हें
आंखके सामने रखकर दूसरी आरखी वस्तु नहीं देख सकता।
ऐसे पदार्थोंको (translucent) अन्यसादृशी कहते हैं और
इस गुणको अन्यसादृशिता। जैसे नेलमें डुबोया हुआ कागज़,
घिमा हुआ सुरुखुन कांच जो कियाड़ोंमें लगाया जाता है;
लकड़ोंकी दृधिया निमनी इत्यादि।

भ्रज्यता (brittleness)—बहुतेरे पदार्थ चोट या दबाव
पाकर चूर चूर हो जाते हैं जैसे कांच, प्लुआ पत्थर, गन्धक,
नमक, शोरा, मिट्टी इत्यादि। ऐसे पदार्थोंको (brittle)
भ्रज्यता या बर्झ्यता कहते हैं।

आपानवर्धनायता (malleability)—अनेक पदार्थ पीटकर
फैलाये जा सकते हैं, जैसे सोना, चांदी, सीसा, मैटिनम
इत्यादिमें यह गुण बहुत पाया जाता है। इसीलिए यह सब
(malleable) आपानवर्धनाय कहलाते हैं।

भारीपन या घनत्व (density or compactness)—जिन
पदार्थोंके अणु पास पास रहते हैं, थोड़े ही स्थानमें उनकी
बहुतसी मात्रा अट सकती है और इसीलिए वे दूर दूर अणु-
वाले पदार्थोंकी अपेक्षा भारी मालूम होते हैं। सीसा, सोना,
मैटिनम, पारा इत्यादि धातु पानीकी अपेक्षा भारी हैं।

अनेक पदार्थ मोड़ें जानेपर अपनी पहली अवस्थामें नहीं
लौट सकते। जैसे सोना, सीसा, इत्यादिकी पतली चदर
और कागज़ इत्यादि। इसीलिए इनको चिमड़ा (phable)
कहते हैं।

लचीलापन (flexibility)—किसी किसी पदार्थको मुकाकर
छोड़ देनेसे यह फिर अपनी पहली अवस्थाको लौट जाता है।

जैसे लोहेकी कमानी, गीला घांस, और कोई कोई लकड़ी, घेंत इत्यादि। इन पदार्थोंको लचीला (flexible) कहते हैं।

स्थितिस्थापकत्व (elasticity)—कुछ पदार्थोंको मुकाने मोड़ने, घेंटने, दबानेके बाद वह हटा लेा, तो वे मुरन्त अपनी प्रथमावस्थामें स्थित हो जाते हैं। यह (elastic) स्थितिस्थापक कहलाते हैं, जैसे रबड़, हवा [हवा भरे हुए गेंदसे हवाका स्थितिस्थापक होना सिद्ध है] इत्यादि।

रन्ध्रगिणितता या छेदीलापन (porosity)—कुछ पदार्थोंमें घारीक घारीक असंख्य रंध्र या छेद होते हैं। इन्हें (porous) रन्ध्रमय या छेदीला कहते हैं। जैसे, मरा बादल, भाषा (pumice), गालूकी तह, स्याही सोख, कोयला इत्यादि।

अभेद्यता—जिन पदार्थोंमें पानी नहीं घुस सकता उनको अभेद्य (impervious) कहते हैं।

जिन पदार्थोंमें चमकके साथ साथ किनारे और समतल होते हैं उनको खादर (crystalline) कहते हैं और ऐसे पदार्थोंको टुकड़ोंको खे (crystals) कहते हैं; जैसे नमक, बिल्लौरी पत्थर, शोरा, तृतिया, हीरा।

जो पदार्थ रघादार नहीं होते वह बेरवा या अरूप (amorphous) कहलाते हैं, जैसे काजल, आटा, चिकनी मिट्टी इत्यादि।

जो पदार्थ पानीमें मिलकर उसमें लय हो जाते हैं, उसके स्वादको अपने स्वादका बना देते हैं, एक रस हो जाते हैं, और उनके रघे या कण गदलापन आदि रूपमें नहीं दीखते बल्कि उस जलके दूसरे पारकी वस्तु भी साफ दिखलायी देती है, उन पदार्थोंको पानीमें (soluble) घुलनशील कहते हैं जैसे

मिट्टी, नमक इत्यादि । इस प्रकार एक पदार्थका दूसरे पदार्थ-में घट्टाया या लय हो जानेको घुलना कहते हैं ।

जो पदार्थ पानीमें नहीं घुलने, अनघुल (insoluble) कहलाते हैं, जैसे पत्थर, सोना, चांदी इत्यादि ।

जो पदार्थ जल मकने हैं उनको दाम (combustible) कहते हैं जैसे लकड़ी, तेल, कायला, कागज इत्यादि । इस गुणको (combustibility) दाम्य कहते हैं । जलनेको दहन भी कहते हैं ।

जो पदार्थ नहीं जलने, जैसे सोना, मिट्टी, लोहा, तांबा, बाँच इत्यादि, अदाम (incombustible) कहलाते हैं ।

पदार्थोंकी साधारण जांच

इन सब गुणोंको जानकर किसी पदार्थके सम्बन्धमें कुछ कहा जा सकता है । स्मरण रहे कि वर्णन ऐसा स्पष्ट और निश्चित हो कि जो उस पदार्थको नहीं जानता वह वर्णनसे ही पहिचान सके । यदि इतना ही कहा जाय कि सीसा एक भारी धातु है, तो कुछ पता न चलेगा क्योंकि पारा, सोना इत्यादि भी भारी होते हैं । परन्तु अब यह कहा जाय कि सीसा ठोस होता है, रंग कुछ भूरा-कटनेपर चमकदार-होता है, इतना मुलायम होता है कि नाखूनसे भी खरोचा जा सकता है और कागजपर रगड़ने या खरोचनेसे इसपर काली धारियां पड़ जाती हैं, पीटकर बड़ाया जा सकता है, और मोड़नेसे मुड़ जाता है, और मुड़ा ही रह जाता है, थोड़ीसी आंचमें गलकर द्रव हो जाता है, तब पारेकी नाई चमकता है, इत्यादि; तो सीसेके पहिचाननेमें कठिनाई न पड़ेगी । वर्णन करनेमें सब गुण क्रमसे लिखे जाने चाहिये । क्रमसे वर्णन करनेमें जिस

जिस विशेष इन्द्रियसे जो जो विशेष बात मालूम होती है वह सब एक साथ लिखना चाहिए, जैसे—

(१) आंखसे देखकर यह मालूम हो सकता है कि पदार्थ किस अवस्थामें है अर्थात् वह ठोस है वा द्रव वा वायव्य; उसका रंग क्या है; पारदर्शक है वा अपारदर्शक वा अल्पपारदर्शक; बड़े बड़े टुकड़े हैं वा चूरा है; खादर है वा बेरवा इत्यादि, बातें जो आंखसे प्रत्यक्ष हो, लिखो।

(२) नाकसे सूंघ कर देखो उस पदार्थमें कोई गन्ध है वा नहीं; यदि गन्ध है तो तीक्ष्ण वा मधुर वा उग्र; गन्ध सुखकर है वा दुःखकर;

(३) छूनेसे मालूम होता है कि पदार्थ कड़ा है वा नरम, सूखा है वा गीला, चिकना है वा खुरदरा; ठंडा है वा गरम।

(४) जीभसे चखकर देखा जाता है कि पदार्थ मीठा है वा खारा, वा नमकीन; खट्टा है वा कसेला वा कड़वा। इस जांचके लिए पदार्थको पहिले ही मुँहमें न रख लेना चाहिए। पहिले बड़ों में और गुरु जीसे पूछकर यह जान लो कि पदार्थ बिपैला तो नहीं है वा इतना तीव्र तो नहीं है कि जीभको जला दे, क्योंकि बहुत से पदार्थ घातक होते हैं। इसलिए कोई ये जाना हुआ पदार्थ छुओ तो हाथ अवश्य धो लो। इस अभ्यासके रखनेसे धोखा नहीं होता।

(५) फिर और तरहसे जांचो पीट कर देखो भंगनशील है वा आघातवर्द्धनशील, लचीला है वा स्थितिस्थापक, इत्यादि।

(६) देखो पानीके साथ इसको क्या व्यवहार है, अर्थात् घुलनशील है वा अघुल, पानीका रंग कैसा हो जाता है, पानी

में छोड़नेमें ठंडक पैदा होती है या गर्मी। पानी सोख जाता है या नहीं। पानीमें बैठ जाता है या उतराना है इत्यादि।

(७) एक छोटीसी परग-नली या थड़ियामें पदार्थको धाड़ामा रगड़कर धीमी आंचमें गरम करो और देखो धुआँ निकलता है या टुकड़े टुकड़े हो जाता है या पिघल जाता है या पानी छोड़ता है या रंग बदलता है इत्यादि। यदि धुआँ निकलता है तो धुएँकी गन्ध कैसी है। यदि धीमी आंचमें पता न चले तो धीरे धीरे आंच बढ़ा दो और इन्हीं बातोंको देखो।

प्रयोग ५५—पदार्थोंकी पारम्परिक कठोरताकी तुलना। लोहा, लोहेकी चमानी, लकड़ी, सीसा, कांच, स्फटिक, ताम्बा, सड़िया मिट्टी और मोमको रगड़ लो। इनमेंसे कोई एक लेकर देखो यह किस किसपर गरोचनेका चिह्न बना देता है और किन किनसे खंयम् खरोंचा जाता है। जिनको यह खरोंचता है उनमें कठोर है। जिनमें खरोंचा जाता है उनमें मुलायम है। कठोर पदार्थोंको एक किनारे रखा, मुलायमको दूसरे किनारे और इसको बीचमें।

इन कठोर पदार्थोंमेंसे कोई एक उठाकर देखो कि कौन कौन कठोर है और कौन कौन नहीं; कठोरोंको एक किनारे रखा, मुलायमोंको दूसरे किनारेपर और इसको बीचमें।

इसी प्रकार सबको एक दूसरेके पीछे पेसा लगा दो कि जो सबसे कठोर हो; वह पहले स्थानमें, जो पहलेसे मुलायम हो परन्तु औरोंसे कठोर हो वह दूसरे स्थानमें; जो इन दोनोंसे मुलायम हो परन्तु औरोंसे कठोर हो वह तीसरे स्थानमें रखा जाय, इत्यादि। अन्तमें वह आवे जो सबसे मुलायम हो।

नीसादरको सूखी परखनलीमें रखकर गरम करनेसे सफ़ेद सफ़ेद धुआंकी तरह कोई पदार्थ उठता हुआ और नलीके ऊपरी भागमें जमता हुआ मालूम होता है। यह स्वच्छ नीसादर है और इस तरह शुद्ध किया जाता है। जो ठोस पदार्थ आंच पानेपर बिना पिघले हुए उड़ने लगते हैं और उड़कर ऊपर जम जाते हैं उनके लिए कहा जाता है कि यह उर्ध्वपातन करते हैं। इस क्रियाका नाम (sublimation) उर्ध्वपातन है। कपूर भी इसी उर्ध्वपातनसे शुद्ध किया जाता है।

तृतीया पीसकर जब परखनलीमें छोड़ा जाता है और धीरे धीरे गरम किया जाता है, नीलेसे सफ़ेद होने लगता है और नलीके ठंडे भागमें नमी या नन्ही नन्ही धूँदे जमने लगती हैं। यह वास्तवमें पानी है। रवादार तृतीयामें यह पानी सदैव पाया जाता है, इसीलिए ऐसे पानीको (water of crystallization) स्कटिकी-करणका जल या रवेका पानी कहते हैं। इस जलकें निकल जानेपर पदार्थ रवेदार नहीं रह सकता। जलकी धूँदे गरम परखनलीके तलमें फिर गिर पड़ें तो परखनलीके टूट जानेका भय रहता है। इसलिए परखनलीको गरम करते समय खड़ा न रखना चाहिए वरन् मुकाये रखना चाहिए, जिसमें पानी नीचे न गिर सके। जल इकट्ठा करना हो तो परखनलीको इस तरह (चित्र ४६) डट्टेमें कस दें कि पानी लौटकर फिर तृतीयामें न टपक सके। सारी परखनलीको धीमी आंचसे गर्म करता रहे, जिसमें पानां यहां जमने ही न पावे। इसकेलिए लीको एक सिरसे दूसरे घुमाना पड़ेगा। जब लौ हटानी हो तो पहिले दूसरी हटा लेना चाहिए नहीं तो पहिली परखनली-

पदार्थ का नाम	रेखने से	गुंथने से	छूने से	बराबरे में	गानी के साथ	गमी के साथ	आर साधा- रण गुण	किस नाम से जाता है ?
१-बिल्ली- री कपड़े	ठोस पार- दर्शक,	निर्गन्ध	चिकना कठोर	स्वाद रहित	अचुम्ब	टूट जाता है	भजनशील	ऐनक बनाये जाते हैं
२ मोटा-	ठोस, अपार- दर्शक, मरबला रंग, रंग देने पर चमकी- ला साबो-	निर्गन्ध	चिकना वा लुगा- गुला कठोर	स्वाद रहित	अचुम्ब	लान गरम देकर पिघ- लने लग जा- ता है	कुच दुध पीटा जा सकता है भार सींचा जा सकता है। मुर्चा मग जाता है।	भोति भोति के श्रम श्रम बनाये जाते हैं।

कठोरताके विचारसे ऊपरवाली वस्तुएँ इस प्रकारसे रखी जायँगी—विल्लीरी पत्थर, कांच, कमानीदार लोहा, लोहा, ताँया, सीसा, लकड़ी, खड़िया और मोम ।

कांच लोहेसे कठोर होता है यद्यपि लोहे या लकड़ीके ठोकरसे कांच भजनशील होनेके कारण टूट जाता है क्योंकि लोहेका खरोंचनेका चिन्ह कांचपर नहीं पड़ता धरन् कांचका लोहेपर पड़ जाता है ।

संसारमें सबसे कठोर वस्तु हीरा (diamond) है जो हथौड़ीसे तोड़ा जा सकता है परन्तु किसी पदार्थसे खरोंचा नहीं जा सकता । कांचके टुकड़ोंको सीधा काटनेकेलिए हीरेकी कलमसे काम लेते हैं । इस कलममें एक छोटासा हीरेका टुकड़ा जड़ा रहता है जिससे कांचकी चहरोपर सीधी रेखाएँ खींच लेते हैं । वस इन्हीं रेखाओंपरसे कांचको तोड़ते हैं ।

यदि कई पदार्थ जाँचकेलिए दिये जाँय और उनके साधारण गुण पूछे जायँ तो खाने बनाकर लिखनेसे बहुत स्पष्टता होगी, जैसा अगले पृष्ठपर दिये हुए खानोंसे प्रकट होगा—

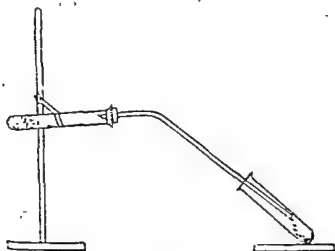
मान लो विल्लीरी पत्थर, कांच, कमानीदार लोहा, ताँया, सीसा, लकड़ी और मोमके साधारण गुण जाँचने हैं ।

इसी तरह और पदार्थोंकी भी सारिणी बनायी जा सकती है ।

दैनिक कामोंमें आनेवाली बहुतसी वस्तुओंको जैसे नमक, सोडा, नौसादर, त्तिया, हीरा कसीस, शोरा, गन्धक, चूना, बालू, खड़िया मिट्टी, इत्यादिकी जांच करो और देखो इनमें क्या भेद है ।

परख-नलीमें नौसादर या शोरा थोड़ा सा रखकर पानी छोड़नेपर मालूम होगा कि पानी कुछ ठंडा हो जाता है ।

के टंडा होनेपर नीचेका पानी खिचकर चला आवेगा और परखनली टूट जायगी। जब नृतियामेंसे सब रवेका पानी



चित्र ४६

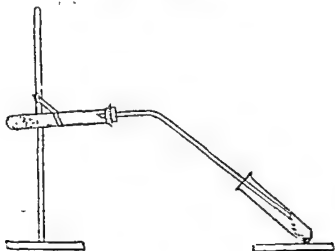
निकल जाता है, उसको अनारद्र (anhydrous) अर्थात् जल-हीन कहते हैं।

हीरा कसीय (green vitriol) में भी रवेका पानी रहता है। इसके निकल जानेपर अनाद्र हीराकसीय भूरे रंगका हो जाता है। यह तैज़ आंचसे गरम किया जाय तो तीक्ष्ण गंधका धुआं निकलता है और हीराकसीय इसके रंगका हो जाता है। यह घिसाही पदार्थ है जैसा सोहेपर प्रायः मुरचा होता है। तीक्ष्ण गंधवाला धुआं यदि जमाया जाय तो तैल-की तरह एक द्रव बन जाता है, जिसको अंग्रेज़ीमें हीरा कसीय-

नौसादरको सूखी परखनलीमें रखकर गरम करनेसे सफ़ेद सफ़ेद धुआँकी तरह कोई पदार्थ उठता हुआ और नलीके ऊपरी भागमें जमता हुआ मालूम होता है। यह स्वच्छ नौसादर है और इस तरह शुद्ध किया जाता है। जो ठोस पदार्थ आंच पानेपर बिना पिघले हुए उड़ने लगते हैं और उड़कर ऊपर जम जाते हैं उनके लिए कहा जाता है कि वह उर्ध्वपातन करते हैं। इस क्रियाका नाम (sublimation) उर्ध्वपातन है। कपूर भी इसी उर्ध्वपातनसे शुद्ध किया जाता है।

तृतीया पीसकर जब परखनलीमें छोड़ा जाता है और धीरे धीरे गरम किया जाता है, नीलेसे सफ़ेद होने लगता है और नलीके ठंडे भागमें नमी या नन्ही नन्ही बूंदें जमने लगती हैं। यह वास्तवमें पानी है। रवादार तृतीयामें यह पानी सदैव पाया जाता है, इसीलिए ऐसे पानीको (water of crystallization) स्क्रिप्तीकरणका जल या रवेका पानी कहते हैं। इस जलके निकल जानेपर पदार्थ रवेदार नहीं रह सकता। जलकी बूंदें गरम परखनलीके तलमें फिर गिर पड़ें तो परखनलीके टूट जानेका भय रहता है। इसलिये परखनलीको गरम करते समय खड़ा न रखना चाहिए बल्कि झुकाये रक्खना चाहिए, जिसमें पानी नीचे न गिर सके। जल इकट्ठा करना हो तो परखनलीको इस तरह (चित्र ४६) उड़तेमें कस दें कि पानी लौटकर फिर तृतीयामें न टपक सके। सारी परखनलीको धीमी आंचसे गरम करता रहे, जिसमें पानी यहां जमने ही न पावे। इसकेलिए लीको एक सिरसे दूसरे सिरतक घुमाना पड़ेगा। जब लौ हटानी हो तो पहिले दूसरी परखनलीको हटा लेना चाहिए नहीं तो पहिली परखनली-

के टंडा होनेपर नीचेका पानी खिचकर चला आवेगा और परगनली टूट जायगी। अब नृतियामेंसे सब रवेका पानी



चित्र ४६

निकल जाता है, उसको अनारि (anhydrous) अर्थात् जल-हीन कहते हैं।

हीरा कसीम (green vitriol) में भी रवेका पानी रहता है। इसके निकल जानेपर अनारि हीराकसीम भूरे रंगका हो जाता है। यह तेज़ आंचसे गरम किया जाय तो तीव्र गंधका धुआं निकलता है और हीराकसीम इसके रंगका हो जाता है। यह वैसा ही पदार्थ है जैसा सोहेपर प्रायः मुरचा होता है। तीव्र गंधवाला धुआं यदि जमाया जाय तो तेल-की तरह एक द्रव बन जाता है, जिसको अभ्रेज़ोमें हीरा कसीम-

का तेल (oil of vitriol) कहते हैं। परन्तु यह तेल कदापि नहीं है। यह गंधकाम्ल या गंधकका तेज़ाय है जो अधिक परिमाणमें लोहा और गंधकके एक खनिज पदार्थसे बनाया जाता है। एक घूंदमें थोड़ासा पानी मिलाकर चखनेसे सड़ा मालूम होता है। ईटके रंगवाला हीराकसीस अनार्द्र होराकसीस नहीं कहा जा सकता क्योंकि इसमेंसे कंचल पानी ही नहीं निकल गया है वरन् गंधकाम्ल भी उड़ गया है। यह वचा हुआ पदार्थ मोरचा ही है। यदि सय तेज़ाय न निकला होगा तो कुछ इसका अंश भी छूटा होगा। इसके जाननेकेलिए थोड़ीसी ठंडी रंगीन चुकनीको हाथमें रखकर एक घा देा घूंद पानी मिलाओ। मलनेपर बड़ी गरमी मालूम होगी, जैसा तेज़ गन्धकके तेज़ाय और पानीके मिलनेपर गरमी निकलती है।

बरसातमें नमक गीला हो जाता है। इसका कारण यह है कि बरसातमें हवा गीली होती है अर्थात् उसमें जल-वाष्प बहुत-तायतसे होता है; और नमकमें जल-वाष्पके सोखनेका गुण होता है; इसलिए नमक पसीज उठता है। ऐसे पदार्थोंको जो हवासे जलवाष्प खींचकर पसीज उठते हैं (deliquescent) पसीजनेवाले कहते हैं और इस क्रियाको (deliquescence) पसीजन कहते हैं।

जिन पदार्थोंमें रवेका जल बहुत-तायतसे होता है वे हवा में रवे जायें तो कुछ जल उड़ जाता है और ऊपरी, तल अनार्द्र हो जाता है। इसलिए याहरी रूप वैसे ही वे रवा वा अरूप हो जाता है जैसे किसी दीवार या पृथ्वीमें नोना लगा देा। इस क्रियाको नोना लगना (efflorescence) कहते हैं यह बात सोदाके रूपमें पियेकर पायी जाती है। इसी

कारण मामूली खोडा खपाइए नहीं पाया जाता। तृतीया इत्यादिमें थोड़ी बहुत पानी घात पायी जाती है।

अभ्यासार्थ प्रश्न-१८

(१) यदि पाँच पदार्थोंके बराबरमाने विचारमें भेजावड़ा करना हो तो क्या करोगे ?

(२) कैसे पदार्थोंके घुलनशील करने दें ? घुलनशील पदार्थोंके चार दशहरण दो।

(३) दुनियामें सबसे बड़े पदार्थ क्या है ? इनके बारेमें कुछ क्या जानने हो ?

(४) पाँच पारदर्शक और मोन अपारदर्शक पदार्थोंके नाम लिखो।

(५) रंगधुल पदार्थ किस काममें लागे जाते हैं ?

(६) गड़िया मिट्टी और चूनेके बारेमें जो कुछ जानने हो लिखो।

(७) फिटकिरीमें खेके पानीका होना कैसे आधोगे ?

(८) नीचे लिखी वस्तुओंपर गर्मीका क्या प्रभाव पड़ता है—तृतीया, मौतादर, बालू, जमक, और मैगनीशियम ?

घुलनशीलता

किसी किसी कुएंका पानी खारी होता है। इसके कारण-पर विचार करना चाहिए। कारणको जाननेकेलिए यह देखना चाहिए कि किन किन और कहाँ कहाँके कुओंका पानी खारी है। यह बहुधा देखा गया है कि पुराने शहरों और पुरानी पुरानी बस्तियोंमें जो कुआँ खोदा जाता है वह खारी पानीका निबलता है। नये बसें हुए गावों और मैदानोंमें खारी पानीका कुआँ कहाँ देखनेमें नहीं आता। इससे समझ पड़ता है कि शहरोंमें सड़कें, इत्यादिके कारण जो खारी पदार्थ रासायनिक क्रियाओंसे बन जाते हैं, वर्षाके पानी द्वारा नीचे घुस जाते हैं और कुओंके पानीमें मिल जाते हैं, यद्यपि

पानी देखनेमें थड़ा स्वच्छ होता है। ऐसे पानीमें घुलनशील पदार्थोंका होना एक प्रयोग द्वारा जांचा जा सकता है।

प्रयोग ५६—स्वच्छ खारी पानीमें खारी पदार्थोंकी परख।

(१) यदि केवल यह जानना हो कि खारी पदार्थ पानीमें मौजूद है या नहीं, छटांक आध छटांक पानी लेकर एक प्यालीमें इतना खैलाओ कि सारा पानी उड़ जाय। सूखनेपर जो पदार्थ तलीमें रह जाता है वही खार है जो पानीको खारी बनाता है।

इस सरल प्रयोगमें यह दोष है कि अभ्यास रहित मनुष्योंके हाथ, आंच अत्यन्त घट घट जानेसे प्याली जो (porcelain पोर्सलेन) चीनीकी बनी होती है टूट जाती है और जब कुछ पानी रह जाता है तो घुला हुआ पदार्थ फदफदा कर बाहर छिटफने लगता है। इन कठिनाइयोंको दूर करनेकेलिए या तो किसी एनामेल की हुई लोहेकी प्यालीमें या चीनीकी प्यालीमें जो जालीपर या छोटे तवेपर बालू पतला फैलाकर उस बालूपर, या खैलते हुए पानीकी भापपर रखी हुई हो, भरकर पानीको उड़ा देते हैं। इन रीतियोंसे आंच ठीक ठीक पहुँचती रहती है। जालीपर या बालूपर फदफदानेका दोष रहता है पर भापपर यह दोष भी नहीं रहता चुपचाप पानी सूख जाता है। पानीकी भापसे गरम करनेकेलिए प्यालीको एक छोटीसी कड़ाहीमें रखते हैं जिसमें पानी जैसी आवश्यकता हो भरा रहता है और इसी कड़ाहीको आंचके ऊपर रखकर गरम करते हैं। प्याली कड़ाहीवाले पानीको छुप नहीं रहती, केवल प्राचीकी भाप आकर प्यालीको गरम करती रहती है। इसीलिए कड़ाही ढकनदार होती है जिसमें बीचमें प्यालीको पेंदेके चरबुर छेद रहता है। जैसा काम पड़े वैसे ही छोटी बड़ी

ग्याली चढ़ायी जाती हैं; इसलिये ढक्कन भी कई रहते हैं किसी-का छेद बड़ा रहता है और किसी का छोटा और किसीका मझोला। इन ढक्कनोंसे एक लाभ यह भी होता है कि भाप और किसी मार्गसे नहीं निकल सकती, वरन् इकट्ठा होकर ग्यालीके पेंदेपर लगती हुई बाहर निकलती है जिससे ताप व्यर्थ नहीं नष्ट होने पाता। यह ढक्कन छोटी बड़ी चिपटी बूड़ी जैसे होते हैं। जब सबसे बड़े छेदवाले ढक्कनके ऊपर हमरा रखा जाता है बड़ा छेद ढक जाता है और दूसरेका छेद बीचमें पड़ जाता है; तीसरा जब दूसरेपर रखा जाता है तो दूसरेका छेद घट जाता है और तीसरेका छेद बीचमें आ जाता है। ऐसी बड़ाही फो (वाटरबाथ water bath) जल कुंडी कहते हैं। इसको जिस तरह रखकर बेसिन या कुर्पी इत्यादि गरम करते हैं, उसका चित्र नीचे दिया जाता है।

१-ग्याली

२-जल-कुंडी

३-लोहेकी तिपाई

४-स्फिरिटकी बत्ती



चित्र १०

(२) यदि यह देखना हो कि कितने घारी पानीमें कितना पदार्थ घुला हुआ है तो तौलकर सब काम करना होगा। जिसके लिए प्रयोग यों आरम्भ करना चाहिए—ग्यालीको सूख साफ करने और पोंछकर सुखा लेनेके बाद तौल लो।

(Jipette) पिपेट द्वारा ५० या १०० घब सें० मी० पानी ग्याली में छोड़कर जल-कुंडीपर सुखा डालो। सूख-जानेपर ग्यालीको जल-कुंडीसे हटाकर पोंछ लो और जब पेंदा सूख जाय,

सूखी हुई (residue) तलछटके साथ तोल लो। दोनों तालोंका अन्तर उस सारे पदार्थका भार है जो ५० या १०० घन सेंटीमीटर पानीमें घुला हुआ है। तालोंको इस प्रकार लिखो—

तलछटके साथ प्यालीकी ताल ...ग्राम

खाली प्यालीकी तालग्राम

.. तलछटकी ताल =ग्राम

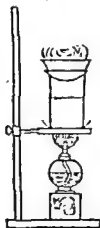
∴ ५० या १०० घन सेंटीमीटर खाली पानीमें घुले हुए पदार्थकी ताल = ...ग्राम और १००० घ० सें० मी० खाली पानीमें...ग्राम। यह प्रति लीटर पानीमें खाली पदार्थकी ताल हुई।

यदि तालके हिसाब घुले हुए पदार्थका परिमाण जानना हो तो पानीको भी ताल लेना होगा क्योंकि सय पानीकी ताल प्रति घन सें० मी० एक ग्राम नहीं होता।

यह नहीं समझ लेना चाहिय कि जो पानी खाली होता है उसीमें घुला हुआ पदार्थ पाया जाता होगा और मीठे पानीमें नहीं। जितने प्रकारके पानी भूमिपर पाये जाते हैं सबमें कुछ न कुछ घुला हुआ पदार्थ रहता है। किसीमें इतना घुला रहता है कि यह खाली हो जाता है और किसीमें कम या किसीमें ऐसे पदार्थ घुले रहते हैं जो संयम नगरी नहीं होते, इसकी परीक्षा किसी मीठे पानी को लेकर प्रयोग ५६ की किसी विधिके अनुसार की जा सकती है।

यदि ऐसी जल-कुंडी न हो तो इसका काम एक साधारण बीकरसे लिया जा सकता है। बीकरको जालीपर त्रिपदस्तम्भ के ऊपर रखो और आधा पानी भर दो। इसी बीकरके मुँह

पर उस प्यालीको रंग दे। जिसका पानी सुगंधाना है। (देखो चित्र ५१)।



चित्र ५१



चित्र ५२

कभी कभी बालूका-यन्त्रके द्वारा भी प्यालीमें पानी उभाया जा सकता है। किसी लोहेको त्रिपाईपर लोहेका एक तंला तथा रखो और उसपर इतनी बालू फैलाओ कि एक बाथाई इंच मोटी तह हो जाय। इसी पर प्याली रखो और नीचेसे तवेको आंच दे। बालूके द्वारा प्यालीमें गर्मी समान होगी और सुखनेके समय यदि आंच अत्यन्त तेज न हुई तो पानी छिटक न सकेगा। (देखो चित्र ५२)।

प्रयोग ५७- यह पातना कि पानीमें द्रव पदार्थके घुलनेसे घोलका गन्ध स्वल्प पानीके घनत्वसे कम होता है वा अधिक।

एक घीकरमें २० ग्राम नमक दूसरेमें उतनी ही शक्कर

कीप और छत्रा कागज़ के बीच में होकर नीचे गिर जायगा और छत्रे हुए द्रव को गन्दा कर देगा। इसलिए कुछ छत्रा कागज़ अवश्य खाली रखना चाहिए।

नीचे वाला धीकर यदि कीप की नली के बीचों-बीच होगा तो घोल गिरते समय कुछ छिटकेगा, इसलिए इस नली को भी धीकर के बगल में झुला देते हैं जिससे बिना किसी शब्द के धीकर की भीत से लगकर बहता हुआ घोल धीकर में भरता जाता है। यह सब बातें चित्र ५४ से प्रकट होती हैं—

जो स्वच्छ घोल छनकर नीचे के धीकर में आता है उसको छना हुआ घोल या छना कहते हैं।



चित्र ५४

प्रत्येक छनने का धनत्व जिस विधि से चाहे निकाल लो। यह मालूम हो जायगा कि घोल का धनत्व घोलक से सदैव अधिक होता है।

प्रयोग ५८—

पदार्थों की घुलनशीलता परखना।

नमक, तूतिया, शकर इत्यादिकी घुलनशीलता परखने में कोई विशेष भ्रंश नहीं करना पड़ता

क्योंकि इन सबके घोल या तो घुलनशीलके रंग के हो जाते हैं या उसी रंग के हो जाते हैं या पानी में छोड़ने से कुछ

कम हो जाते हैं, परन्तु बहुतसे पदार्थ ऐसे हैं जिनकी घुलन-शीलता आंखोंसे या जीभसे नहीं पहिचानी जा सकती क्योंकि ये घुलनशील तो अवश्य होते हैं परन्तु बहुत कम परिमाणमें और घोलमें कुछ स्वाद भी नहीं मिलता। बहुतसे विलकुल नहीं घुलते। ऐसे पदार्थोंकी घुलनशीलता यों जांचो—

एक बीकरको (distilled) अरवित* जलसे दो तीन बार धो लो। इसी बीकरमें २५, ३० घन सें० मी० अरवित जल लेकर उस पदार्थको घुफनी करके छोड़ो जिसकी घुलनशीलता परखनी हो। फांच-कलमसे कुछ देरतक हिलाते रहो। इसके बाद साफ़ तुलसी हुई प्यालीमें छानकर जल-कुंडीपर गरम करो और पानी सुखा डालो। सूख जानेपर यदि पदार्थ घुलन-शील है तो अवश्य तलीमें कुछ पैठा हुआ दीखेगा। प्यालीका बाहरी तल पोंछकर और सुखाकर तालनेसे मालूम हो जायगा कि कितना पदार्थ कितने पानीमें घुलता है।

इसी तरह चूना, रड़िया, प्लुम्बाफेथर, और गन्धककी घुलनशीलता जांचो।

क्या पानीमें घनघुल पदार्थ और कितनी द्रवमें घुल जाते हैं ?

लाख, गन्धक या कपूर पानीमें नहीं घुलते। विद्युत्से पदार्थसे पानीमें कुछ सुगन्ध अवश्य फैल जाती है। फिर अर्क-कपूर जो हज़ेकी बड़ी अच्छी औषधि है या वार्निश जिसमें लाख पड़ा रहता है कैसे बनाये जाते हैं ?

अल्कोहल या मद्यसारमें अथवा साधारण स्फिटिमें लाख या कपूर घुल जाता है जिसकी परीक्षा परख-जलीमें पोड़ासा अल्कोहल और एक छोटा कपूरका टुकड़ा छोड़कर

हिलानेसे की जा सकती है। कपूरका अल्कोहलमें जो घोल बनाया जाता है वही अर्क कपूरके नामसे प्रसिद्ध है। घार्निश बनानेकेलिए स्पिरिटमें लाख घुलाते हैं। किसी किसी तेलमें भी कपूर घुल जाता है। गरीके तेलमें कपूर अधिक घुलता है और तिलके तेलमें कुछ कम।

गन्धक स्पिरिटमें भी बहुत कम घुलता है, परन्तु एक विशेष और खराब गन्धवाले द्रव कर्बन-ट्रेसल्फ़ाईड में बहुत घुलता है। कर्बन-ट्रेसल्फ़ाईड वा अल्कोहलसे, प्रयोग करते हुए बहुत ध्यान रहे कि लौके पास यह न रखे जायँ और न घुलनशीलताकी परीक्षाकेलिए यह घोल ही गरम किये जायँ क्योंकि इनकी भापमें आग लग जानेका डर रहता है।

द्रव और वायव्य पदार्थ (गैस) भी द्रवमें घुल जाते हैं।

अभीतक यही कहा गया है कि ठोस द्रवमें घुलते हैं और उनकी घुलनशीलताकी जांच भी की जा सकती है। यहां यह दिखाया जायगा कि द्रव और गैस भी द्रवमें घुल सकते हैं।

शुद्ध अल्कोहल पानीमें घुल जाता है और मिलकर एक रस हो जाता है। इन दोनों द्रवोंका घोल किसी परिमाणमें बनाया जा सकता है। यदि जल अधिक रहे और अल्कोहल थोड़ा, तो घोलको जलमें अल्कोहलका घोल कहते हैं। और अल्कोहल अधिक रहे तो घोलको अल्कोहलमें जलका घोल कहते हैं।

इथर भी पानीमें घुल जाता है परन्तु अल्कोहलकी भांति सभी परिमाणोंमें नहीं।

साधारण पानीमें भी हवा घुली हुई पायी जाती है। रसी

घुलित हवाको जल-जन्तु एक विशिष्ट इन्द्रियके द्वारा पानी-मेंसे खींचकर साँस लेते हैं। इसी घुलित हवासे पानीमें कुछ स्वाद मालूम होता है। उबला हुआ या स्रवित पानी पीनेमें फीका लगता है, क्योंकि इनकी हवा गर्मी पाकर निकल गयी है। पानी गरम करते समय पहले जो बुलबुले बर्तनके पेंदेमें एकत्र होते हैं और उठकर उड़ जाते हैं इसी घुलित हवाके हैं।

सोडावाटर या लैमोनेडकी बोतलें जब खोली जाती हैं घुली हुई कार्बोनिक् ऐसिडगैस (कर्बनडिऑक्साइड) दबावके कम हो जानेसे बुदबुदाती हुई निकलने लगती है। जितनी गैस साधारण हवाके दबावपर घुलित रह सकती है उतनी ही रह जाती है।

घुलित गैसमें एक विपरीत गुण यह होता है कि घोलके गरम करनेसे गैस अलग होने लगती है। यही दशा उन द्रवोंके घोलकी भी होती है जिनके कथनांक एक दूसरेसे बहुत दूरीपर होते हैं। इसी गुणके सहारे एक द्रव दूसरेमेंसे अलग किया जा सकता है जिसका थोड़ा बड़ी बड़ी पुस्तकोंमें मिलेगा।

ठोसके घोलपर तापका प्रभाव

सशुद्ध घोल-घोलोंका प्रयोग करते समय यह बहुतोंको खटकता होगा कि घोलकमें चाहे जितना घुलनशील पदार्थ छोड़ते जानेसे सब नहीं घुल जाता। घुलनशीलताकी एक सीमा होती है। जब उस सीमातक पदार्थ घुल जाता है, तो अधिक छोड़नेसे नीचे बैठने लगता है। ऐसे घोलको जिसमें और अधिक पदार्थ नहीं घुल सकता सशुद्ध घोल (saturated)

solution) कहते हैं। परन्तु यदि इस संपृक्त घोलके तापक्रम को बढ़ा दिया जाय तो जो कुछ तले पैठा रहता है वह तो घुल ही जाता है, यदि और छोड़ा जाय तो भी घुल सकता है। इसलिये जो घोल माधारण तापक्रमपर संपृक्त कहा जाता है वही अधिक तापक्रमपर असंपृक्त (unsaturated) हो जाता है। परन्तु अधिक तापक्रमपर भी एक विशेष परिमाणमें पदार्थ को छोड़नेसे घोल संपृक्त किया जा सकता है। यह परिमाण भिन्न भिन्न तापक्रमकेलिये भिन्न भिन्न होता है। प्रयोग द्वारा इसकी परीक्षा की जा सकती है कि कितने तापक्रमपर कोई पदार्थ कितना घोला जाय कि उस तापक्रमपर उस पदार्थका संपृक्त घोल बन जाय। १०० ग्राम पानीमें शोरा, नमक, और पटाश क्रोरेटका संपृक्त घोल बनाना हो तो इस सारिणीमें

तापक्रम	शोरा	नमक	पटाश क्रोरेट
०°	१३ ग्राम	१५.५ ग्राम	१ ग्राम
१०°	२१ "	१५.८ "	४ "
२०°	३१ "	१६.१ "	६ "
३०°	४५ "	१६.४ "	८ "
४०°	६४ "	१६.६ "	११ "
५०°	८६ "	१६.६ "	१८ "
५५°	१०० "		
६०°		१७.२ "	२४ "
७०°		१७.४ "	३२ "
८०°		१७.८ "	४० "
९०°		१८.१ "	४६ "
१००°		१८.४ "	५० "

लिखित विशेष तापक्रमपर विशेष परिमाणमें इन पदार्थों को छोड़ना चाहिए।

इन्हीं परिमाणों द्वारा घुलनशीलताका प्राक् र्णित जा सकता है जिससे किसी पदार्थकी संपृक्त घोलवाली घुलनशीलता देखते ही समझमें आ जाती है।

संपृक्त घोलमें घुलनशील पदार्थोंकी मात्रा भिन्न भिन्न तापक्रमोंपर भिन्न होती है इसलिए संपृक्त घोल कहते हुए उस विशेष तापक्रमको भी सुचित कर देना चाहिए।

यदि यह कहा जाय कि साधारण तापक्रमपर अमुक पदार्थका संपृक्त घोल बनाओ तो स्पष्ट जल लेकर पदार्थको जलमें छोड़ते जाओ और कांचकी क्लमसे हिलाने जाओ जब घुलना बन्द हो जाय और पदार्थ तलीमें बैठने लगे तब छोड़ना बन्द कर दो। यस यही घोल साधारण तापक्रमपर संपृक्त घोल बन गया।

गरम संपृक्त घोलको ठंडा होनेपर क्या होता है ?

गरम संपृक्त घोलको ठंडा होनेपर उतना घुलनशील पदार्थ फिर बैठ जायगा जो तापक्रमको बढ़ा देनेसे अधिक घुल गया था। परन्तु बैठते समय यह र्णिके रूपमें बदल जायगा, अर्थात् संपृक्त घोलको ठंडा होनेपर जब पदार्थ जमने लगता है तब विशेष रूपको प्राकृतिक संकेत (१५-१६) बनने लगते हैं। इसलिए जब किसी पदार्थका प्राकृतिक संकेत बनाना हो तो उसका गरम संपृक्त घोल बनाना चाहिए।

प्रयोग ५६—एक बीकरमें 40° पर गरम संपृक्त घोल बनाकर अलग ठंडा होनेको रख दो और दूसरेमें उनी ताप-

क्रमपर संपृक्त घोल बनाकर जल्दी ठंडा करनेकेलिए ठंडे पानीमें रखो। और जल्दी ठंडा करना चाहते हो तो नलका पानी धीकरके बाहरी तलपर इस तरह गिराओ कि बाहरी पानी घोलमें न जा सके और धीकरको घुमाते जाओ।

इस तरह जल्दी ठंडा करनेमें रवे बहुत छोटे छोटे पड़ते हैं। वे यहांतक छोटे होते हैं कि कदाचित् बुकनीकी तरह दीखें। जो घोल धीरे धीरे ठंडा किया जाता है उसमें बहुत बड़े रवे धीरे धीरे जमते हैं।

इससे यह सिद्ध होता है कि जितना ही धीरे धीरे रवे जमाये जाँय उतने ही बड़े रवे जमँगे।

यदि साधारण गरमोमें संपृक्त घोल बनाकर अलग रख दिया जाय और हिलाया न जाय तो और भी बड़े बड़े रवे जमँगे। किन्तु इस काममें कई दिन लग जाते हैं। बात यह है कि ज्यों ज्यों संपृक्त घोलका पानी उड़ता जाता है उसमें घुले हुए पदार्थके कण बैठते जाते हैं और कुछ दिनमें बहुत बड़े रवे हो जाते हैं।

रवोंके जमानेका काम भी रासायनिक प्रयोगोंमें बड़े महत्वका काम है। इसीसे घुलनशील पदार्थ विलकुल शुद्ध और परिष्कृत किये जाते हैं जिनका पूरा विवरण बड़ी बड़ी पुस्तकोंमें मिलेगा।

यदि बहुत बड़ा रवा जमाना हो तो इसकेलिए एक विशेष रीति की जाती है,—पहले जो रवे जम जाते हैं उनमेंसे जो समूचे होते हैं (क्योंकि सभी रवोंके सब अंग ठीक नहीं पाये जाते) उनको अलग करके प्रत्येकको छोड़ेके बालके सिरेपर बांधकर उसी संपृक्त घोलमें लटका देते हैं और

दूसरे सिरोंको कांचकी कलममें बांधकर धीकरके मंहुपर पमा देते हैं। इन रवोंपर पदार्थोंके कण जमने लगते हैं और कुछ दिनोंमें बहुत बड़े और समूचे रवे बन जाते हैं।

विशेष पदार्थोंके रवे विशेष रूप और आकारके होते हैं। इसी कारण पदार्थोंको पहिचानने और अलग करनेमें सुभीता होता है।

रवा जमानेकी दूसरी रीति

भूगर्भमें बहुतसे पदार्थ रवोंके रूपमें निकलते हैं, जैसे हीरा, पन्ना, स्फटिक (किल्लौर), मणि, इत्यादि। इनके बननेका कारण यह है कि जिस समय पृथ्वी द्रवावस्थामेंसे (molten state) धीरे धीरे ठंडी होकर जमने लगी यह रज भी रवोंके रूपमें परिणत होते गये। प्रयोगोंद्वारा इस अनुमानकी पुष्टि हो जाती है, क्योंकि लोहेके गर्भमें फोयलेको प्रचंड तापसे पिघलाने और एक धारगी ठंडा करनेसे कृत्रिम हीरा भी बनाया जा चुका है, जो देखनेमें उतना बड़ा या स्वच्छ नहीं होता परन्तु कठोरता उतनी ही होती है। कृत्रिम हीरा बनानेको बहुत बड़ी आंच चाहिए पर इस रीतिका उदाहरण देनेके लिए ही मानों प्रकृतिने गन्धकमें ऐसे गुण दिये हैं कि सब कोई उसके रवे आसानीसे बना सकता है।

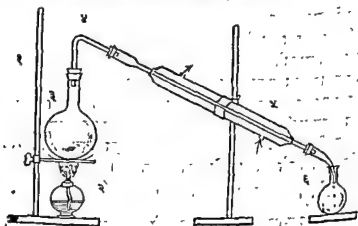
प्रयोग ६०—गन्धकका रवा बनाना।

छटांक आधी छटांक गन्धक लेकर किसी छोटी चड़िया-में (crucible) पिघलाओ। जब सब पिघल जाय आंच हटा लो और कुछ ठंडा होने दो। जब पिघली हुई गन्धकके ऊपरी तलपर मल्लाईकी तरह जमने लगे, कांचकी कलमसे दो छेद जरा दूर दूर बनाकर भीतरकी पिघली हुई गन्धकको पानी-

में उँडेल दे। मेज़पर या प्यालीमें उँडेलनेसे लकड़ोंके जलने या प्यालीके टूटनेका भय रहता है। जो गन्धक घड़ियामें रह जायगी सुरकी तरह लम्बे रयेमें दीखेगी। इनको (needle-shaped crystals) सूच्याकार रये कहते हैं। इस कामकेलिए एक विशेष प्रकारकी कड़ी मिट्टीकी घड़िया काममें लायी जाती है। कुम्हारोंकी दियालीसे भी यह काम लिया जा सकता है।

द्रवको टपकाना

घुलनशीलता परखनेकेलिए स्रवित जलका ही प्रयोग करना बतलाया गया है क्योंकि स्रवित जल बिलकुल शुद्ध रहता है अर्थात् इसमें कोई घुलनशील पदार्थ नहीं मिला रहता। इसके बनानेकी रीति यह है (चित्र ५५) —



चित्र ५५

इस चित्रमें कुप्पी जालीपर रखी हुई दिखलायी गयी है। प्रयोग करते समय बट्टेमें चंगुल लगाकर कुप्पीकी गंदेन जकड़ देनी चाहिए नहीं तो कुप्पी गिर जायेंगी।

१-कुप्पीके लिए डट्टा, चंगुल और छल्ला ।

२-स्पिरिट लम्प ।

३-कुप्पी जिसमें पानी या द्रव गीलाते हैं अर्थात् देग ।

४-कुप्पीके बागमें कसी हुई धाँप लेंजानेवाली काँच-नली ।

५-धाँप जमानेवाली नली (condenser) या भभका और उसके धामनेका चंगुल और डट्टा ।

६-टपकाने हुए पानीको इकट्ठा करनेका बर्तन ।

कुप्पीमें पानी भरकर गीलाते हैं । भाप उड़कर जमाने-वाली नली (condenser) या भभकेमें आती है । यह नली बहते हुए पानीसे बराबर ठंडी रखी जाती है । यहां ठंड पाकर भाप जमकर पानी हो जाता है और दूसरे मुँहसे बर्तनमें टपकने लगता है । इसीको (distilled water) खनिज जल या टपका हुआ पानी कहते हैं । ऐसे जलमें कोई घुला हुआ ठोस पदार्थ नहीं रह जाता । दो चार दिनतक जब पानी बरसता रहता है, घुलनेवाले पदार्थ जो हवामें रहते हैं सब घुलकर पृथ्वीपर चले आते हैं । ऐसे समय आकाशका पानी इकट्ठा किया जाय तो उसमें घुलनशील पदार्थ बहुत ही कम पाये जायेंगे । इसलिए यह खनिज जलके समान समझा जा सकता है ।

• • • खनिज-जलमें उड़नेवाला पदार्थ अवश्य घुला हुआ मिलेगा क्योंकि यह ठोस पदार्थोंकी भांति तलछटमें नहीं रह जायगा, बरन् भापके साथ उड़कर पानीके ही साथ रहेगा । इसी सिद्धान्तपर घैघ और अत्तार औषधियोंका अर्क, गुलाब-जल, इत्यादि तैयार करते हैं । उनके टपकानेके यन्त्र, देग, भभका इत्यादि ऐसे बनाये जाते हैं जिनमें ठंडा करनेके

लिए पानी धार धार बदलना पड़ता है, क्योंकि प्रत्येक स्थान-में पानीका नल नहीं होता जिसके बिना ठंडा पानी बहता हुआ नहीं रख सकते।

इस रीतिसे शुद्ध किया हुआ पानी केवल उन्हीं प्रयोगोंमें काममें लाया जाता है जो पानीमें घुलनशील पदार्थोंके रहनेसे बिगड़ जाते हैं। रासायनिक विश्लेषणमें (chemical analysis) इसका बहुत काम पड़ता है।

पीनेकेलिए जो पानी शुद्ध किया जाता है उसमेंसे घुलन-शील पदार्थके निकालनेका यत्न नहीं किया जाता। पानीकी तैरती हुई गन्दगी ही दूर की जाती है जिसकेलिए पानीको वालूके द्वारा छानते हैं। जो पानी वालूमेंसे छनकर नीचे आता है उसमें तैरती हुई गन्दगी नहीं रहने पाती क्योंकि वह वालूमें फँस जाती है।

साधारणतः पानीको कुछ देरतक रखा रहने देते हैं। जब गन्दगी नीचे बैठ जाती है, ऊपरका पानी निधार लेते हैं अर्थात् धीरे धीरे उँडेल लेते हैं जिसमें तलछट न हिलने पाये। इस क्रिया को निधारना (decantation) कहते हैं।

परन्तु यदि पानीमें किसी प्रकारकी दुर्गन्धि हो तो पानी-को बिना उवाले हुए कदापि न पीना चाहिए। उवालनेसे दुर्गन्धि पैदा करनेवाला विकार नष्ट हो जाता है और पानी पीनेसे कोई हानि नहीं पहुँचा सकता।

मिश्रण

प्रयोगोंमें यह अच्छी तरह यत्नलाया जा चुका है कि यदि कोई अघुलन-पदार्थ किसी घोलमें मिला रहता है तो वह

छानकर अलग किया जा सकता है। इसी तरह कोई दो पदार्थ जिनमेंसे एक अनघुल हो मिले रहें तो अलग किये जा सकते हैं। ऐसे दो या अधिक मिले हुए पदार्थोंकी मिलावटको (mechanical mixture or mixture) साधारण मिश्रण या केवल मिश्रण कहते हैं। मिश्रणमें प्रत्येक पदार्थ अपने भौतिक गुणोंसे वायव्य रहता है और एक दूसरेमें थोड़े ही परिधर्ममें अलग किया जा सकता है। यदि मिश्रणके पदार्थोंके गुण एक दूसरेसे बहुत भिन्न हों तो अलग करनेकी क्रिया और भी सरल हो जाती है जैसा नीचेके प्रयोगोंसे स्पष्ट हो जायगा—

प्रयोग ६१—बालू और नमकके मिश्रणमेंसे प्रत्येकको अलग करना।

मिश्रणको एक बीकरमें रखकर इतना सूचित जल छोड़ो कि मिश्रणके ऊपर १ या २ सेंटीमीटर ऊंचा पानी हो जाय। बीकर इतना बड़ा चुनो कि आधेसे अधिक स्थान मिश्रणसे ही न घिर जाय। फांचकी कलमसे चलाओ और बालुका-थंभमें गरम होनेकेलिए रख दो। थोड़ी थोड़ी देरमें चलाते जाओ। गरम करनेमें नमक बहुतसा घुल जायगा और छत्रा कागज़में भी गहरी छेनेगा। अबतक बीकर गरम हो रहा हो, छत्रा कागज़ मोड़कर बीपरमें बैठाकर भिगो लो और बीपर-दानपर या डट्टेके छल्लेमें रख दो और बीपरके नीचे एक स्वच्छ बीकर छुने हुए घोलको जमा

छोड़कर और गरम करके निथार लो। इतना करनेसे सब घुलनशील पदार्थ अलग हो जायगा। यदि मिश्रणमें इसका परिमाण अधिक हो तो और पानीके छोड़नेकी आवश्यकता पड़ेगी। कई बार निथारनेपर कुल बालूको छुन्ने कागज़पर उंडेल दो और धीकरको दो तीन बार पानीसे खँगालकर वह खँगाल या धोवन भी बालूमें छोड़ दो। जब बालूमेंसे सब पानी छन जाय, धोवनी शीशी के (wash bottle) द्वारा खूब जोरसे फूँककर बालूमें सब स्थानपर पानी छोड़ो और इसी तरह दो तीन बार धो डालो। तदनन्तर (१) छुन्ने कागज़परकी बालू सुखा डालो, और (२) छना हुआ घोल उवालकर सुखा डालो।

प्रयोग ६२—लकड़ीके बुरादेमें मिली हुई सीसेकी गोलियाँ अलग करना।

जैसे अनाज भूसेसे फटककर अलग किया जाता है उसी तरह यह भी फटककर अलग की जा सकती है।

प्रयोग ६३—गन्धक और लोहेके कणोंके मिश्रणमेंसे प्रत्येकको अलग करना।

मिश्रणको कागज़पर फैलाकर चुम्बक चारों ओर फेरो। लोहेके कुल कण चुम्बकमें लग जायँगे। इनको अलग छुड़ा लो। ऐसे ही दो तीन बारके करनेमें दोनों पदार्थ अलग हो जायँगे।

प्रयोग ६४—शोरे और कोयलेके चूर्णके मिश्रणमेंसे प्रत्येकको अलग करना।

कोयला पानीमें नहीं घुलता धरन्, तैरता है। शोरा घुल जायगा। यस्त, पानी मिलाकर प्रयोग ६१ के अनुसार अलग कर लो।

प्रयोग ६५—कोयला और चालूके मिश्रणमेंसे प्रत्येकको अलग करना ।

पानी मिलानेमें चालू नीचे बैठ जायगी और कोयला उतरा आवेगा । यही भावधानीमें कोयलेको छुने कागज़पर ऊपर-से ही उँडेल लो कि चालू न गिरने पावे । दो तीन बारमें कुल कोयला कागज़पर चला आवेगा और चालू धीकरमें ही रह जायगी । यदि चालूके नीचे कुछ कोयला दबदबा जाय तो काँच-कलमसे हिलाकर ऊपर कर देना चाहिए ।

रासायनिक संयोग

जब दो पदार्थ एक दूसरेमें इस प्रकार मिल जाते हैं कि किसीके भौतिक गुण अलग अलग कायम नहीं रहने पाते वरन् एक तीसरा पदार्थ जिसके गुण उन दोनोंसे बिलकुल भिन्न, हैं वन जाता है तब ऐसे मेलको रासायनिक संयोग (chemical combination) कहते हैं । दो या अधिक पदार्थोंके मिलने-से जो भिन्न गुणवाला तीसरा पदार्थ वन जाता है उसको रासायनिक यौगिक (chemical compound) या केवल यौगिक कहते हैं । ऐसी क्रियाको जिसमें दो या अधिक पदार्थोंके संयोगसे एक यौगिक वन जाता है रासायनिक क्रिया (chemical action) कहते हैं । हीराकसीस गरम करनेपर यही क्रिया होती है ।

मिथुन और यौगिकके समझानेकेलिए यह मोटे मोटे लक्षण हैं । यही यही पुस्तकोंमें इनकी विवेचना की गयी है जिसका ध्यान करना इस पुस्तकमें ही है ।

प्रयोग ६६

३ ग्रामके लगभग लोहेका बुरादा और दो ग्राम गन्धक लेकर परखनलीमें छोड़ो और पहिले धीमी आंचसे गरम करके फिर आंच बढ़ा दो । कुछ देरमें लोहा और गन्धकका रासायनिक संयोग होगा । ऐसा होते समय लोहा जल उठेगा और चमकने लगेगा और संयोग हो चुकनेपर किया शान्त हो जायगी ।

ठंडा करके इस यौगिकको परखनलीसे अलग कर लो और देखो अब भी लोहा चुम्बकसे खिंच आता है या नहीं ।

यदि कुछ लोहा खिंच आता है तो इससे यह मालूम होता है कि गन्धक कम था और लोहा अधिक जिससे सब लोहा गन्धकसे नहीं मिल सका है ।

लोहा और गन्धकके इस यौगिकको अपरन सल्फ़ाइड (iron sulphide) या लौह गंधिद कहते हैं । इसमें ज़रा सा नमक या गन्धकका तेज़ाव छोड़ देनेसे बड़ी दुर्गन्धयुक्त गैस निकलती है जो दोआघ्री, चवघ्री या पैसेको काला कर देती है और हैड्रोजन सल्फ़ाइड या उज्जन-गंधिद कहलाती है ।

प्रयोग ६७—शोरा और कोयलेके चूर्णका मिश्रण गरम करना ।

• इसको गरम करनेमें बड़ी सावधानीसे काम लेना होगा क्योंकि इसमें रासायनिक संयोग होते हुए आग उड़कर बाहर भी निकल पड़ती है । इसलिए परखनलीको (test-tube holder) परखनली-धमनेसे पकड़ना चाहिए और परखनलीके मुँहको उस ओर कर लेना चाहिए जिधर कोई जलनेवाली वस्तु या आदमी न हो ।

शोरा और कोयलेके चूर्णमें गन्धकका चूर्ण मिला दिया जाय तो धारुद बन जाय । इसीलिए धारुदके जलानेपर

गन्धकके जलनेकी गन्ध आती है। यह प्रयोग लड़कोंको न करना चाहिए। इसमें जोगिम है। शोरा और कोयला या गंधक मिलाकर कभी पीसना भी न चाहिए। इनका चूर्ण अलग अलग बनाया जाता है, तब मिलाने हैं।

प्रयोग ६८—तृतियेके घोलमें लोहेकी कोई वस्तु रखनेसे क्या होता है?

तृतियेका घोल बनाकर उसमें लोहेकी एक साफ चमकती हुई कील छोड़ दो। थोड़ी देरमें उठाकर देखो। कीलके ऊपर ताँबा चढ़ा हुआ मालूम होगा। यदि कील बहुत बड़ी हो और तृतियेका परिमाण बहुत कम तो घोलका रंग भी बदल जायगा। तृतियेके घोलका रंग तो था नीला परन्तु इस नये घोलका रंग हरा सा दोपता है। यदि कील निकाल ली जाय और यह घोल हथामें बहुत देरतक रखा रहे या गरम कर दिया जाय तो घोलमें कुछ कुछ भूरापन दीप्त पड़ेगा। यह बात हीराकसीसके घोलमें पायी जाती है। इससे पता चलता है कि तृतियेके घोलका कुल ताँबा कीलवाले लोहेपर चढ़ गया और ताँबेके स्थानमें कीलका लोहा निकलकर घोलमें मिल गया जिससे हीराकसीस बन गया। इसमें रासायनिक वियोग और संयोग दोनों हुए। ताँबेका तृतियासे अलग होना रासायनिक वियोग और लोहेका ताँबेके स्थानमें हो जाना रासायनिक संयोग हुआ।

इन रासायनिक क्रियाओंके पहले तृतियेका घोल और लोहा लिये गये थे परन्तु अन्तमें हीराकसीसका घोल और ताँबा रहे। इसी बातको (equation) समीकरणके रूपमें यों प्रकट करते हैं—

३ ग्रामके लगभग लोहेका घुरादा और दो ग्राम गन्धक लेकर परखनलीमें छोड़ा और पहिले धीमी आंचसे गरम करके फिर आंच बढ़ा दो। कुछ देरमें लोहा और गन्धकका रासायनिक संयोग होगा। ऐसा होते समय लोहा जल उठेगा और चमकने लगेगा और संयोग हो चुकनेपर किया शान्त हो जायगी।

ठंडा करके इस यौगिकको परखनलीसे अलग कर लो और देखो अब भी लोहा घुम्वकसे खिंच आता है या नहीं।

यदि कुछ लोहा खिंच आता है तो इससे यह मालूम होता है कि गन्धक कम था और लोहा अधिक जिससे सब लोहा गन्धकसे नहीं मिल सका है।

लोहा और गन्धकके इस यौगिकको अयस्क सल्फाइड (iron sulphide) वा लौह गंधिद कहते हैं। इसमें ज़रा सा नमक वा गन्धकका तेजाब छोड़ देनेसे बड़ी दुर्गन्धयुक्त गैस निकलती है जो दोआग्री, चवग्री वा पैसेको काला कर देती है और हैड्रोजन सल्फ़ाइड वा उज्जन-गंधिद कहलाती है।

प्रयोग ६७—शोरा और कोयलेके चूर्णका मिश्रण गरम करना।

• इसको गरम करनेमें बड़ी सावधानीसे काम लेना होगा क्योंकि इसमें रासायनिक संयोग होते हुए आग उड़कर बाहर भी निकल पड़ती है। इसलिए परखनलीको (test-tube holder) परखनली-थमनेसे पकड़ना चाहिए और परखनलीके मुँहको उस ओर कर लेना चाहिए जिधर कोई जलनेवाली वस्तु वा आदमी न हों।

शोरा और कोयलेके चूर्णमें गन्धकका चूर्ण मिला दिया जाय तो बारूद बन जाय। इसीलिए बारूदके जलानेपर

गन्धकके जलनेकी गन्ध आती है। यह प्रयोग लड़कोंको न करना चाहिए। इसमें जोखिम है। शोरा और कोयला या गंधक मिलाकर कभी पीसना भी न चाहिए। इनका चूर्ण अलग अलग बनाया जाता है, तब मिलाते हैं।

प्रयोग ६२—तूतियेके घोलमें लोहेकी कोई वस्तु रखनेसे क्या होता है ?

तूतियेका घोल बनाकर उसमें लोहेकी एक साफ़ चमकती हुई कील छोड़ दो। थोड़ी देरमें उठाकर देखो। कीलके ऊपर तांबा चढ़ा हुआ मालूम होगा। यदि कील बहुत बड़ी हो और तूतियेका परिमाण बहुत कम तो घोलका रंग भी बदल जायगा। तूतियेके घोलका रंग तो था नीला परन्तु इस नये घोलका रंग हरा सा दोखता है। यदि कील निकाल ली जाय और यह घोल हवामें बहुत देरतक रंगा रहे वा गरम कर दिया जाय तो घोलमें कुछ कुछ भूरापन दोख पड़ेगा। यह बात हीराकसीसके घोलमें पायी जाती है। इससे पता चलता है कि तूतियेके घोलका कुल तांबा कीलवाले लोहेपर चढ़ गया और तांबेके स्थानमें कीलका लोहा निकलकर घोलमें मिला गया जिससे हीराकसीस बन गया। इसमें रासायनिक क्रियोग और संयोग दोनों हुए। तांबेका तूतियामें अलग होना रासायनिक क्रियोग और लोहेका तांबेके स्थानमें हो जाना रासायनिक संयोग हुआ।

लोहा + तृतियेका घोल = ताम्बा + हीराकसीसका घोल

तृतियेका अंग्रेजीमें कापर सल्फेट (copper sulphate) ताम्रगन्धेत) और हीराकसीसको अयरन सल्फेट (iron sulphate लौह गन्धेत) कहते हैं।

साधारण और रासायनिक परिवर्तन

जहां जहां रासायनिक संयोग वा वियोग होते हैं वहां परिवर्तन अवश्य होता है। यह परिवर्तन रूप, गुण इत्यादि सभीमें हो जाता है। ऐसे परिवर्तनको रासायनिक परिवर्तन (chemical change) कहते हैं।

पदार्थोंके जलने, साँस लेने, वारूदके भस्मसे उड़ने, हीराकसीससे तेज़ाब निकालने, मुरचा लगने, इत्यादि सभी क्रियाओंमें रासायनिक परिवर्तन और उसीके साथ रासायनिक संयोग वियोग होते हैं।

जिन परिवर्तनोंमें कोई रासायनिक क्रिया नहीं होती वरन् पदार्थोंके रूप और अवस्थामें ही परिवर्तन देखा जाता है उनको साधारण परिवर्तन (physical change) याह परिवर्तन या भौतिक परिवर्तन कहते हैं। पानीका बर्फमें परिणत हो जाना या बर्फका पानी और पानीसे भाप बन जाना और गन्धकका पिघलना वा पिघलकर उड़ना इत्यादि सब साधारण परिवर्तन कहलाते हैं।

अभ्यासार्थ प्रश्न-२०

- (१) किस प्रकारकी गन्दगी धाननेमें भी नहीं जा सकती ?
- (२) गदला पानी किस तरह धानकर पानेके काममें लाया जा सकता है ?

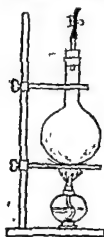
दबा दे। उबलने हुए पानीकी माप कुप्पीकी भीतरवाली हवाको भगा ले जाती है। जब कुप्पी बिलकुल ठंडी हो जाय, बाहरी नल पोंछ कर चुम्पा लेनेके पीछे तुला दंडके हुकमें लटका कर तोल ले। तोलनेके बाद शुद्धकी डोली परके कांच-नलीमें लगा दे। जिसमें कुप्पीके भीतर दबा जानेका रास्ता खर-नलीके खुल जानेमें हो जाय। शुद्धकी डोली करने ही दबा 'कुम्' शब्द करती हुई भीतर घुम जायगी और इस ओरका पलड़ा भारी हो जायगा। देखो कितना भार घुसी हुई हवाके कारण अधिक हो जाता है। यही घुमी हुई हवाका भार है। अब यदि यह मालूम कर लिया जाय कि घुसी हुई हवाके स्थानमें कितना पानी भरा जा सकता है तो यह भी मालूम हो जाय कि अमुक आयतनकी दबाका भार कितना होता है। अधिक शुद्धताके साथ भार नापना हो तो तापक्रम और वाष्प-बलके (vapour tension) जानकर अधिक गणना करनेकी आवश्यकता पड़ती है, जिसकी रीति इस छोटीसी पुस्तकमें नहीं दी जा सकती।

वायुमण्डल का दबाव—किसी भारी चीज़को हाथमें लेने या शरीरपर रखनेसे उसका दबाव मालूम होता है। हम देख चुके हैं कि हवामें भी भार है इसलिए हवा भी एक भारी चीज़ है। इसका भी दबाव होना चाहिए। परन्तु प्रत्यक्ष तो यह मालूम होता है कि हवाके कारण हम लोगोंको कुछ भी दबाव नहीं मालूम होता। इसका कारण क्या है? विचार करनेसे मालूम हो सकता है कि जिस वस्तुका दबाव मालूम होता है वह ऊपर ही रहती है और दबनेवाली चीज़ या शरीरका कोई अंग नीचेकी ओर। परन्तु दबानेवाली हवा नीचे, ऊपर, दहिने बायें सभी ओर है। इसलिए यदि यह ऊपरसे नीचे-

वायुमंडल या वातावरण (atmosphere) कहते हैं। यद्यपि मालूम होता है कि वायुमंडल एक ही पदार्थका बना हुआ है इसमें हैं बहुतसे वायव्य पदार्थ, जिनमें ओपजन (oxygen) और नत्रजन (nitrogen) मुख्य हैं। मोटे हिसाबसे इसमें ४ भाग नत्रजन और एक भाग ओपजन होते हैं।

वायुका भार या गुरुत्व—प्रयोगोंद्वारा यह सिद्ध किया गया है कि वायुमें भी भार होता है जिसके जाननेकी मोटी रीति यह है—

प्रयोग ६६—एक दो सौ या तीन सौ घन सेंटीमीटर-वाली कुप्पीमें रबर-काग अच्छी तरह कस कर लगाओ। छेद-में एक कांचनली २॥ या ३ इंच लम्बी खूब कसकर पहिनाओ। रबरके छेदमें कांच-नली पहिनानेकेलिए दोनोको पानीमें भिगा लेनेसे आसानी पड़ेगी। नलीके बाहरी सिरेमें



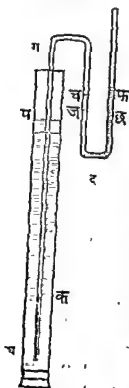
चित्र ५६

एक टुकड़ा और मोटी रबर-नली दो तीन इंच लम्बी लगाओ और इस नलीको भी बन्द कर देनेकेलिए एक चुटकी (clip) पहिना दो। गर्दनमें तारका एक पन्दा बनाकर लगा दो जिसके द्वारा तुलाके हुकमें यह कुप्पी लटकाकर तोली जा सके। इस कुप्पीमें आधी छटांक पानी रखकर डट्टीके छल्लेपर तारकी जाली बिछाकर रख दो और गर्दनको भी चंगुलमें कस दो (चित्र ५६)। बहुत छोटी सीसे पानीको गरम करो। जब पानी दम मित्रित तक उबलता रहे, रबर-नलीको चुटकीसे

हवा दो। उबलने हुए पानीकी भाप बुन्गीकी भीतरवाली हवाको भगा ले जाती है। जब बुन्गी बिलकुल टंडी हो जाय, बाहरी तल पोंछ कर शुद्ध लेनेके पोंछे तुला दंडके हुकमें लटका कर तोल ले। तोलनेके बाद चुटकी ढोली करके कांच-नलीमें लगा दो जिसमें बुन्गीके भीतर हवा जानेका रास्ता खर-नलीके खुल जानेसे हो जाय। चुटकी ढोली करते ही हवा 'कुम्' शब्द करती हुई भीतर घुस जायगी और इस ओरका पलड़ा भारी हो जायगा। देखो कितना भार घुसी हुई हवाके कारण अधिक हो जाता है। यही घुसी हुई हवाका भार है। अब यदि यह मालूम कर लिया जाय कि घुसी हुई हवाके स्थानमें कितना पानी भरा जा सकता है तो यह भी मालूम हो जाय कि अमुक आयतनकी हवाका भार कितना होता है। अधिक शुद्धताके साथ भार नापना हो तो तापक्रम और वाष्प-बलको (vapour tension) जानकर, अधिक गणना करनेकी आवश्यकता पड़ती है, जिसकी रीति इस छोटीसी पुस्तकमें नहीं दी जा सकती।

की ओर दबाती है तो नीचेसे ऊपरकी ओर भी दबाती है। निदान, वही हवा आगे, पीछे, दहिने, बायें, ऊपर, नीचे, सभी दिशाओंसे दबाती है। परस्पर प्रतिकूल दिशाओंमें दबानेके कारण प्रभाव कुछ भी नहीं रह जाता। इस पर यदि यह तर्क किया जाय कि (१) दबाव तो सदैव नीचेकी ओर होता है ऊपरकी ओर नहीं और (२) यदि होता भी हो तो ऊपर-वाली हवा ५० मील वा २०० मोलतक फैली हुई है और

नीचेवाली हवा थोड़ी ही दूरतक, इसलिए इन दोनोंका असमान दबाव शरीरको सब ओरसे समान दबावमें कभी नहीं रख सकता तो यह शंका नीचे दिये हुए प्रयोगसे दूर हो सकती है—



चित्र ५३

प्रयोग ७०—एक कांचका नल ग प १ गजके लगभग लम्बा और १ इंचके लगभग चौड़ा हो। प सिरकेको रबर-काग या मामूली कागसे इस तरह कसकर बन्द कर दो कि पानी भरने पर टपक न जाय। इससे अधिक लम्बी एक कांचनली लेकर एक सिरकेके पास तीन धार समकोण मुका हो। एक और नलीके एक सिरकेको एक धार समकोण मुका हो। इन दोनों नलियोंको रबर-नलीसे व स्थानपर जोड़ दो और सबको डटेमें विग्र ५३ की भांति कसकर लगा दो। इस विग्रमें डटे नहीं दिखावाये गये हैं। U-नलीमें

है परन्तु बाहर दबाव वैसेही बना रहता है, इसलिए बाहर-के दबावके कारण ढकना उठाया नहीं जा सकता ।

यदि एक खबरकी धैली जिसके भीतर हवा भरी हो और जो चारों ओरसे बन्द हो ढकनेके नीचे रखकर उसके चारों ओरकी हवा निकाली जाय तो धैलीके ऊपरका दबाव कम होता जायगा और अपने भीतरी दबावके कारण धैली फूलती जावेगी । यदि बाहर दबाव बहुत कम हो जाय और ढकना इतना बड़ा हो कि धैलीके बढ़नेमें कोई दबावट न पड़े तो यह बहुत बढ़कर फट भी सकती है ।

प्रयोग ७३-एक गिलास, जिसका किनारा चिकना और सब जगह बराबर हो, लेकर उसमें लयालय पानी भरो और लिखनेका एक टुकड़ा कागज़ उसपर धीरेसे खसका दो । अब, यदि सावधानीसे गिलास उलट दिया जाय तो पानी नहीं गिरेगा क्योंकि हवा पानीको ऊपरकी ओर दबा रही है और इसका दबाव पानीके दबावसे अधिक है । (चित्र ५८)

वायुमण्डलका दबाव नापनेका यन्त्र—इसके बनाने की सरल रीति यह है कि कांचकी टुकड़ी नली एक गज़के लगभग लम्बी लेकर उसका एक सिरा बन्द कर दो और नलीमें पारा लयालय भरकर देखो वही हवा तो नहीं लगी है । दाँपके अँगूठेसे नलीके खुले मुँहको ऐसा बन्दकर लो कि उल्टा देनेसे भी पारा न गिर सके । इस प्रकार



चित्र ५८

यदि उल्टा देनेसे भी पारा न गिर सके । इस प्रकार

और नाक इत्यादिके परदे भीतरसे बहुत दबाव पड़नेके कारण फट गये और रक्त निकलने लगा। इस दबावको दूर करनेकेलिए अब ऐसी युक्ति की जाती है जिससे गुंथा धीरे धीरे ऊपर चढ़ता है। इस तरह बाहर भीतर दबाव धीरे धीरे बराबर होता जाता है। कदाचित् यह भी एक कारण है जिससे चोलहें मँडलाती हुई धीरे धीरे ऊपर चढ़ती और नीचे उतरती हैं।

प्रयोग ७१-कोई पिचकारी लेकर उसकी नाकको पानीमें डुबो दो और उसके भीतरकी हवा डाट खींचकर बाहर निकालो। ज्यों ज्यों डाट बाहर निकलता रहता है पानी भरता जाता है। कारण यह है कि पिचकारीके भीतरकी हवाके कम होनेसे भीतर दबाव कम हो जाता है, परन्तु बाहर पानी-तलपर वायुमंडलका दबाव है इसलिए पानी बाहरसे दबकर पिचकारीके भीतर चढ़ता जाता है।

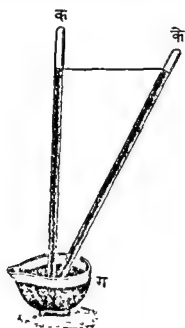
प्रयोग ७२-वायु-निःसारक-यन्त्र या पम्पको चद्दर-पर छेदके ऊपर एक शीशका ढकना रखकर घेसिलीनसे इस तरह चिपका दो कि ढकनेके भीतरकी हवा बन्द हो जाय और बाहरसे हवाको आने जानेकेलिए कोई मार्ग न मिले। ऐसी अवस्थामें यंत्र चलाकर भीतरकी हवा निकालकर कम कर दो। अब यदि ढकनेको उठाना चाहो तो बहुत बल लगाना पड़ेगा। सम्भव है कि ढकने के साथ यन्त्र भी उठने लगे। परन्तु यदि निकाली हुई हवाके स्थानमें फिर हवा भर दो तो ढकनेके उठानेमें कुछ भी कठिनाई न पड़ेगी। कारण क्या है? भीतरकी हवा निकाल लेनेसे ढकनेके भीतरी तलपर दबाव बहुत कम हो जाता

है परन्तु बाहर दबाव वैसाही बना रहता है, इसलिये बाहर-के दबावके कारण ढक्कन उठाया नहीं जा सकता ।

यदि एक खबरकी थैली जिसके भीतर हवा भरी हो और जो घागें औरसे बन्द हो ढक्कनके नीचे रखकर उसके घागें औरकी हवा निकाली जाय तो थैलीके ऊपरका दबाव कम होता जायगा और अपने भीतरी दबावके कारण थैली फूलती जायेगी । यदि बाहर दबाव बहुत कम हो जाय और ढक्कन इतना बड़ा हो कि थैलीके बढ़नेमें कोई रुकावट न पड़े तो यह बहुत बढ़कर फट भी सकती है ।

प्रयोग ७३-एक गिलास, जिसका किनारा चिकना और सब जगह बराबर हो, लेकर उसमें लबालब पानी भरो और लिपनेका एक टुकड़ा कागज़ उसपर धीरेसे रखका दो । अब, यदि सावधानीसे गिलास उल्ट दिया जाय तो पानी नहीं गिरेगा क्योंकि हवा पानीको अपनी ओर दबा रही है और इसका दबाव पानीके दबावसे अधिक है । (चित्र ५८)

नलीमें पारेके सिवा वायु नहीं घुसने पाती। इसी अवस्था-
में मुँहको दबाये हुए, पारेसे भरे हुए प्यालेमें मुँहको
डुबो दो और तब अँगूठा हटा लो। नलीमेंसे कुछ पारा बाहर
आ जायगा (चित्र ४६)। प्यालेमें रखे हुए पाराके तलसे



चित्र ४६

नलीमें थमे हुए पाराके
तलकी ऊँचाई ३० इंचके
लगभग रहेगी। नलीमें
ऊपर जो स्थान खाली हो
गया है वहाँ क्या है? कुछ
भी नहीं। इसकी परीक्षा
नलीके ऊपरी सिरेको मुका-
नेसे की जा सकती है।
ज्यों ज्यों नली मुकायी
जायगी त्यों २ पारा भरता
जायगा परन्तु इसके तलकी
ऊँचाई प्यालेके पारा-तलसे
सदैव ३० इंच रहेगी।
जिस समय नली बिलकुल
भर जाय उसी समय नली-
के सिरेकी ऊँचाई पारा-
तलसे नाप लो। इस बार

भी ऊँचाई वही होगी जो नलीको सीधी खड़ी रगनेमें थी।
यदि फिर नली खड़ी की जाय तो पारा उतरता हुआ दीखेगा
पर पारातलकी ऊँचाई सदैव ३० इंचके लगभग रहेगी। हमने
प्रत्यक्ष ही कियह खाली स्थान सचमुच रिक्त या शून्य है। इसमें
क्या भी नहीं है। ऐसे स्थानको वायुशून्य (vacuum) कहते

हैं। इसका भेद पहिले पदल टुरीसेली (Torricelli) नामक वैज्ञानिकने पाया था इसलिए नलीके वायु-शून्यको टुरीसेलीय वायुशून्य (Torricellian Vacuum) कहते हैं।

यह स्मरण रखना चाहिए कि पारेकी यह ऊंचाई सदैव एकसी ३० इंच नहीं रहती, घटती बढ़ती रहती है, जिससे पता चलता है कि वायुमंडलका दबाव पारातलपर घटता बढ़ता रहता है। यह घटना बढ़ना प्रति क्षण प्रत्येक स्थानपर लगा रहता है, कभी ऊंचाई स्थिर नहीं रह पाती; परन्तु समान श्रुतुमें यह अन्तर बहुत नहीं बढ़ने पाता। हां, जब वायुमंडलमें अधिक परिघर्त्तन होनेको होता है तब इस बैरोमीटर (Barometer) या वायु-भार-मानके पारेकी ऊंचाई-में भी बहुत अन्तर पड़ जाता है।

चित्र ५६ में दिखाये हुए सरल यन्त्रमें एकही स्थानमें रग-कर काम ले सकते हैं; फिर भी ऊंचाई नापनेकी कठिनाई कुछ कम नहीं होती। जहां दशमांश इंचके भी दशमांश परिमाणका अन्तर मालूम करना पड़ता है वहां यह धेनारा क्या काम दे सकता है क्योंकि अन्तरकी शुद्धता नापकी शुद्धतापर एक दम निर्भर है। ऐसे कामोंकेलिए कोई ऐसा यन्त्र होना चाहिए जिसमें बार बार नापनेका बखेड़ा न करना पड़े। इसी कठिनाईको दूर करनेकेलिए पारेकी कटोरी और बांच-नली अलग अलग नहीं लेते वरन् दोनोंका काम एक नलीमें

पारा भरनेकी क्रिया—पहिले खुले मुँहमें कीप लगा कर पारा मुँहतक भर देते हैं और अँगूठेसे मुँहको धूँप दबाकर यन्द मुँहके सिरेको झुका देते हैं। झुकानेसे पारा यन्द सिरेके पास यड़ी नलीमें गिरने लगता है और यहाँकी हवा ऊपर खुले सिरेके पास चढ़ने लगती है। जब सब हवा मुँहके पास आ जाती है फिर उसी तरह पारा भरकर झुकाते हैं। कई बार ऐसा करनेसे यन्द नलीकी सब हवा निकल जाती है। ऊपर वायु-शून्यके अतिरिक्त कुछ नहीं रह पाता। दोनों मुँजोंके पारातलोंकी ऊँचाईका अन्तर वायु-मंडलके दबावको नापता है।



चित्र ६०

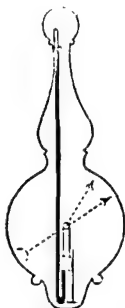
नापनेके चिह्नोंके बनानेकी क्रिया—वायु-भार-मानको नलियां ऐसी भी मिलती हैं जिनमें चिह्न घने बनाये रहते हैं। इनमें अब कोई चिह्न बनानेकी आवश्यकता नहीं पड़ती। चिह्न न घने हों तो एक सीधे लकड़ीके तख्तेको जिसकी लम्बाई चौड़ाई घन नलीकी लम्बाई चौड़ाईसे कुछ ही अधिक हो नलीमें दो स्थानोंपर अच्छी तरह कस दो जिससे नली लकड़ीपर खसक न सके। फिर इंच, दशमांश इंच, नापकर चिह्न बनादो। साधारणतः कुल तख्तेपर चिह्न नहीं बनाये जाते, ऊपर नीचे, ऊँचाईके अनुसार चिह्न बना दिये जाते हैं।

इस तरहके वायु-भार-मान बहुत कम देखनेमें आते हैं। साधारणतः ऐसे देखे जाते हैं जो घड़ीकी तरह होते हैं और जिनमें लिखा रहता है, (stormy) "अन्धड़", (rain) "वर्षा", (change) "परिवर्तन", (fair) "साधारण"

(very dry) "बहुत सूखा", इत्यादि । (देखें चित्र ६१) ।



चित्र ६१



चित्र ६२

जहां बांधी लियी हुई है वहाँ २० वा अंक भी दिया हुआ है। बांधीके साथ २५ वा अंक दिया हुआ है; इसी तरह और भी समझ लो । प्रत्येक अंकका तात्पर्य उस अंकमें है जो वायुमंडलके दबावको तोलने हुए पारेकी ऊंचाईको सूचित करता है । जिस अंक और अंश पर सुई रहती है वही वायु-भार-मानके पारेकी ऊंचाई समझी जाती है । जब वायुमंडल का दबाव बहुत कम हो जाता है तब बांधी झाने या घर्गाने-

की सम्भावना होती है। इसी तरह जब दबाव बहुत अधिक हो जाता है तब वायुमंडल बहुत सूखा समझा जाता है।

चित्र ६२ में वायु-भार-मानके भीतरी अंग दिखलाये गये हैं जिनके द्वारा सुई पारेके चढ़ने उतरनेपर घूमती है और ऋतु-परिवर्तनकी सूचना देती है।

दबावके कम पड़नेके कारण हवाका पतली होना या हवामें जल-वाष्पका अधिक होना या ये दोनों हैं। यदि जलवाष्प अधिक हुआ तो घपां होती है और जब हवा सूखी और पतली होती है तब जोरकी आन्धी आती है। यह बात तापपरिवाहनके साथ बतलायी जा चुकी है कि जब हवा तापके कारण पतली होकर ऊपर जाती है तब आसपासकी ठंडी और भारी हवा वेगसे उस स्थानमें आजाती है। यदि हवा सूखी और ठंडी हुई तो इसका दबाव अन्यन्त अधिक होता है। यही कारण है कि दिसम्बर जनवरी के महीनोंमें वायु-भार-मानके पारेकी ऊंचाई सबसे अधिक होती है और जून, जुलाईके महीनोंमें सबसे कम।

वायु-भार-मान और अन्य बहुतसे यन्त्रोंके संहारें ऋतु-परिवर्तन इत्यादिका पता लगाना और उनसे कृषि-संबंधी कार्योंके समझनेकी कुशलता प्राप्त करना ऐसी गम्भीर और उपयोगी विद्या है कि इसका पूरी विवेचना करनेमें कई पुस्तकें तयार हो सकती हैं। इसलिये यहां उसका थोड़ासा ही दिग्दर्शन कराया गया है।

पहाड़ोंकी ऊंचाई नापना—वायु-भार-मानसे वायुमंडलके दबावका पता चलता है। इस दबावका कारण उस वायुका बोझा है जो पारातलके दबा रही है। यह वायु ५० या २,०० मीलकी

अंशानक फर्कली हुई है। इसलिए यदि यह अंशार्ह किसी तरह कम हो जाय तो वायुका दबावभी कम पड़ जायगा। सैकड़ों गैरोंवाला हाथ यह गिज किया जा चुका है कि ज्यों ज्यों ऊपर बढ़ते जाते हैं पारेकी अंशार्ह कम होती जाती है। मोटे हिसाबसे यह कहा जा सकता है कि प्रति ६०० फुट अंशार्हके बढ़ावमें १ इंच पारा नीचे खसक आता है। इसी प्रकार १०० फुट नीचे जानेमें पारा १ इंच ऊपर चढ़ जाता है। समुद्र-तल समस्थलमें पारेकी अंशार्ह साधारण तापक्रमपर ३० इंच होती है। इस मोटे हिसाबसे पहाड़ोंकी अंशार्हका भी पता चल सकता है।

यह स्मरण रखना चाहिए कि यह हिसाब बहुत ही मोटा है। कुछ दूरतक तो ठीक ठीक अंशार्हका पता चल सकता है किंतु बहुत ऊपर हवाके बहुत पतले हो जानेसे और ही हिसाब लगाना पड़ता है।

अनाद्र-वायु भार मान—लचीली धातुकी चद्दरोंका एक प्रकारका वायु-भार-मान बनाया जाता है। इसमें पारा भरनेकी आवश्यकता नहीं पड़ती इसलिए एक स्थानसे दूसरे स्थानको ले जानेमें आसानी पड़ती है। ज्यों ज्यों वायुका दबाव बढ़ता जाता है चद्दर दबती जाती है और उसमें पेंचों द्वारा लगी हुई सुरें घूमती जाती है। इसी तरह दबावके कम होनेसे चद्दर उठती जाती है और सुरें उलटी घूमने लगती है। ऐसे यन्त्रको अनाद्र-वायु-भार-मान (Aneroid Barometer) कहते हैं।

अभ्यासार्थ प्रश्न—२१

(१) यदि पारेके स्थानमें पानी का ग्लिमरीन प्रयोग किया -
भार-मानकी अंशार्ह
ग्लिमरीन

(२) किमी जेमे प्रयोगका वर्णन करी जिससे सिद्ध हो कि हमें दबा देता है।

(३) यदि वायु-भार-मानकी [नलीके चन्द सिरके तोल दिश जाये क्या घटना होगी?

(४) वायु-भार-मानसे क्या क्या काम लिये जा सकते हैं? जो कुछ जानते हो पूरी तरह समझ कर लिखो।

(५) किन किन कारणोंसे पारेकी ऊँचाई वायु-भार मानमें कमो जाती है। उनको स्पष्ट लिखो।

(६) क्या दबावके कम पड़ जानेमे वायवीय पदार्थ फैलते हैं? यदि कोई प्रयोग इस बातकी पुष्टिमें जानते हो तो उसको भी लिखो।

(७) हवाका दबाव क्यों नहीं मालूम पड़ता?

(८) एक बरत काँचकी नली गैसके कुन्डके एक छेदमें लगी हुई है। इस नलीमें पारा भरा हुआ है। किन चिह्नोंसे यह प्रकट होता है कि कुन्डमें भरी हुई गैसका दबाव वायुमण्डलके दबावमे अधिक है?



अभ्यासार्थ प्रश्नोंके उत्तर

१ [पृष्ठ ५, ६]

- (१) ३११ इंच (२) ०.०५ (३) ३६० दशांग इंच
 (४) ३.३०५ गज (५) $\frac{3}{4}$ इंच (६) ६ मील ६१६ गज
 (७) ०.०३ (८) ०.००२६४ इंच (९) १.३६ मि० मी०
 (१०) ४.२ सें० मी० (११) १०० मि० मी० (१२) १००० मि० मी०
 (१३) ०.३४ (१४) ०.५३ मीटर (१५) $3\frac{1}{2}$ गांठें
 (१६) ०.०३५ मीटर (१७) ४५४१० मीटर (१८) ३०००००
 (१९) १३० सें० मी० (२०) ६८.७३५ सें० मी०

२ [पृष्ठ १३, १४]

- (१) १३४.६३ मि० मी० (२) ८८६ प्युट (३) ६०.१३ मि० मी०
 (४) [क] $\frac{2}{100}$ [ग] $\frac{100}{100}$ [घ] $\frac{20}{100}$
 (५) ६४०.०८ सें० मी० ३६६.०४ सें० मी०, ४४.०३ सें० मी०
 (६) ४ टुकड़े, ३०.०३ मि० मी०

३ [पृष्ठ १६, २०]

- (१) ३५ इंच (२) ३१.३६५ सें० मी० (३) ३.१३४ इंच
 (४) ३६२.७४ गज (५) ३६६५.७ गज (६) १.४ गज
 (७) ४० घेरे (८) ८०० घण्टा $\frac{33}{100}$ (९) ४४०.६६ सें० मी०
 (११) १३.४६ प्युट (१२) भूमि की परिधि १०६.०६ गज

४ [पृष्ठ ३०]

- (१) ३.०० सें० मी० (२) १००००.०० घ० मि० मी०

- (३) १००.३५ व०मी० (४) १५०३ व० सें० मी०
 (५) ०८७ व०से०मी० (६) ७६६'०६ व० सें० मी०
 (७) १३३६५१ व० मि० मी० (८) $\frac{११३}{१४४}$ वर्ग गज
 (९) ३० वर्ग गज ५ वर्ग फुट (१०) ३ $\frac{७}{१२६६}$ वर्ग गज

५ [पृष्ठ ३५, ३६]

- (१) १०० व० सें० मी०
 (२) [१] ६००० व० सें० मी०, [२] ३'४५ व०फु०, [३] १६'३६ व०
 (३) [१] २२५'७ डे० मी० [२] २० फुट
 (४) १५०० व० फु० (५) ११'७ पेड (६) २८ टुकड़े ४१
 (७) २३ व० ६ आ० ४' पा० (८) २५४ व० मी० (९) १
 १ आ० ८ पा०

६ [पृष्ठ ४०]

- (३) ८४८ व० सें० मी० : १३५ व० फु० : ३ व० ग० ३ व० फु०
 व० डे०
 (४) १७'४१ व० सें० मी०

७ [पृष्ठ ४४, ४५]

- (१) [१] ६'६१६ व०फुट : [२] ३'४ व० डे० मी० [३] ११६'७६ व०
 मी० [४] ३०५'८६ व० मी०
 (२) १६६२ (३) ८'१६५ फुट ; ५' ७७ फुट
 (४) जल्दी ; ७ मि० १६ सेकंड पहले भर जायगा । (५) ३००' ६

८ [पृष्ठ ५३]

- (१) २५०० धन लाभ (२) २४ (३) ६३७ $\frac{१}{२}$ मन
 (४) १६४० व० फु०

